

ANNUAL REPORT  
OF  
THE  
INDUSTRIAL  
RESEARCH  
CENTER  
OF  
SHIGA  
PREFECTURE

令和2(2020)年度 業務報告

滋賀県工業技術総合センター

ANNUAL REPORT  
OF  
THE  
INDUSTRIAL  
RESEARCH  
CENTER  
OF  
SHIGA  
PREFECTURE

令和2(2020)年度  
**業務報告**  
滋賀県工業技術総合センター

# 目次

## I 運営概要

1. 設置の目的	1
2. 沿革	2
3. 敷地および建物	4
4. 組織および業務内容	
(1) 機能と事業	6
(2) 機構および業務内容	7
(3) 職員	8
5. 決算	
(1) 事業別決算	9
(2) 科目別決算	10
(3) 年度別決算	11
6. 工業技術総合センター運営懇話会結果概要	13
7. 設備・機器	15

## II 重点事業と補正事業

1. 重点事業	
(1) 3Dイノベーション創出推進事業	17
(2) 現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業	18
(3) 個性ある「近江の地酒」開発・発信事業	19
2. 補正事業	
(1) VR・ARに対応した3D技術による信楽焼地場産業支援事業	20
(2) 感染予防に対応した抗菌殺菌材料の開発支援研究	21
(3) デジタル技術を活用した陶製品開発支援事業	22
(4) 買いたくなる「近江の地酒」を醸造する蔵元へ再起支援事業	23
(5) 感染症対策に資する機能性樹脂材料開発基盤整備事業	24

## III 業務概要

1. 技術相談支援	
(1) リサーチサポート制度の利用	25
(2) モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業	26
(3) 中国や東南アジアへの海外展開技術支援事業	27
(4) 主な技術相談事例	28
2. 試験・分析	
(1) 開放試験機器の提供	31
(2) 依頼試験分析	34
(3) 生産品受払	36

3. 研究開発・産学官連携	
(1) 研究概要	37
(2) 共同研究	36
(3) 研究発表等	40
(4) 重点研究の評価委員会	43
(5) 研究会活動の推進	46
(6) 産業財産権	52
(7) 職員の研修	54
(8) 審査会等への出席	55
4. 人材育成	
(1) 窯業技術者養成事業	57
(2) 信楽窯業技術試験場研修生OB会	59
5. 情報提供等	
(1) 刊行物の発行	59
(2) 研究成果報告会およびセンター一般公開の開催	60
(3) ホームページによる情報提供	61
(4) 産業支援情報メール配送サービス	61
(5) 工業技術情報資料等の収集・提供	61
(6) 見学者等の対応	62
(7) 報道関係機関への資料提供	63
6. その他	
(1) 技術開発室『レンタルラボ』の管理運営	65
(2) 企業・大学等訪問事業	66
(3) 信楽焼生産実態調査結果	67

#### IV 研究報告

令和2年度研究報告一覧	69
・製品動作音の温室評価技術に関する研究	70
・ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究	72
－電動ダイヤモンド工具によるアルミセラミック研削加工への適用－	
・金属3Dプリンタを用いた積層造形技術および材料開発に関する研究	76
－材料開発技術の高度化の検討－	
・金属3Dプリンタを用いた積層造形技術および材料開発に関する研究	82
－形状造形技術の高度化の検討－	
・高感度蛍光検出技術を応用したタンパク質状態を評価する技術開発	86
－タンパク質変性の有無を簡便に評価できる新測定法開発－（第2報）	
・高分子複合材料の物性向上に関する研究	89
－CNFによる生分解プラスチック補強ノ検討－	
・炭素系ナノ繊維の精製技術の開発（第1報）	93
・カーボン量子ドットの蛍光特性に関する研究	97
・滋賀県オリジナル清酒醸造用酵母の選抜	101
・「近江の地酒」の酒質分析に関する研究（第1報）	106
・信楽焼坪庭製品の市場開拓に向けた開発研究（第3報）	111
・コンピューショナルデザインを活用した陶製品開発（第1報）	114
・生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたセラミックスの開発研究（第2報）	118
・窯業廃棄物を利用した園芸土木資材の開発（第2報）	121

# I 運営概要

## 1. 設置の目的

本県の工業は、昭和30年代後半から新規工場立地の進展に伴い大きく発展し、従来は繊維工業が中心でしたが、一般機器、輸送用機器、電気機器等の加工組立型産業が中心を占めるようになり、産業構造は大きく変化してきました。こうした状況の中にあつて、本県進出企業と在来中小企業間では技術水準の格差が大きく、また、企業間の連携・協力体制が十分でないこともあり、中小企業の技術力向上がますます重要な課題となってきました。

このように、本県産業の主要な部分が高度で先端・先進的な技術を必要とする電子、機械、精密加工等に転換してきたことや、これら業種や複合技術に関連する協力企業群の技術水準の向上が不可欠となってきたことから、中小企業を中心とした技術力向上を支援する体制を充実することが求められてきました。また、企業相互、産学官の連携により、各分野に蓄積されてきた技術ポテンシャルを結集することの重要性も増してきました。

これまで、本県には繊維や窯業など地場産業の発展を支える機関はありましたが、県内工業の基盤的な分野に深くかかわり、先導的な役割を果たす機関は未整備でした。

こうした時代背景の中で、産業界からの強い要請もあり、工業技術振興の様々な課題に応えるため、電子、機械、化学、食品、材料、デザインなど、広範な分野を対象とする総合的な試験研究指導機関として、また本県工業技術振興の拠点として、昭和60年4月に「滋賀県工業技術センター」が栗東町（現：栗東市）に設置されました。

また、急速な技術革新に対応し、今後、技術立県としての地位を確立するため、「滋賀県工業技術センター」の整備に合わせて、人材育成、技術・人的交流、情報の収集・提供といったソフト部門を受け持つ「(財)滋賀県工業技術振興協会」（現：「(公財)滋賀県産業支援プラザ」）が昭和60年3月に設立されました。

一方、信楽町（現：甲賀市信楽町）には明治36年創設の「信楽陶器同業組合」の模範工場を前身とする「滋賀県立信楽窯業試験場」が昭和2年に創設されて以来、信楽焼をはじめとする県内窯業の拠点として研究開発や技術支援等を行ってきました。

平成9年4月には、近年の時代の要請や本県の特性を踏まえた行政課題に即応した試験研究を進め、県内大学や他の試験研究機関、地場産業を含む産業界との連携・交流を推進し、その成果を県内産業に移転・普及することを目的として、「滋賀県工業技術センター」と「滋賀県立信楽窯業試験場」を統合し、「滋賀県工業技術総合センター」として業務を開始しました。

今後とも、効率的で質の高い組織運営を心がけ本県産業支援の中核機関としての役割を果たしていきます。

## 2. 沿 革

平成 9年 4月	工業技術センターと信楽窯業試験場を統合し、工業技術総合センターと改称
平成 9年 6月	知的所有権センターを併設
平成10年 3月	ISO14001規格審査登録取得(栗東地区) (～平成22年3月)
平成10年 3月	信楽窯業技術試験場 福祉環境整備工事により身障者用施設整備
平成11年 2月	「企業化支援棟」竣工
平成11年 4月	企業化支援棟技術開発室の入居開始
平成11年 4月	研究評価制度導入
平成11年 4月	(財)滋賀県工業技術振興協会を(財)滋賀県中小企業振興公社等と統合し、(財)滋賀県産業支援プラザ設立
平成12年 4月	グループ制導入
平成12年 4月	(財)日本発酵機構余呉研究所の解散にともない、食品部門を強化
平成12年 8月	産業支援情報メール配送サービス開始
平成13年 3月	ISO14001規格審査登録取得(信楽地区) (～平成22年3月)
平成18年 7月	工業標準化法による登録試験事業者として認定(～平成26年12月)
平成28年 4月	係制導入
平成30年 3月	「日本酒醸造試験施設」を別館(工業技術振興会館)に設置
平成31年 3月	実験棟を改装し、「高度モノづくり試作開発センター」を設置
令和 2年12月	「信楽窯業技術試験場新築工事」着工

### 付記

#### \*工業技術センター

昭和55年 9月	草津商工会議所会頭から「県立工業技術センターの設置について」の要望書の提出
昭和57年 2月	県立工業技術センター設計・調査予算計上
昭和57年 5月	滋賀県工業技術センター基本計画検討部内ワーキンググループの設置
昭和57年 5月	「滋賀県工業技術センター基本計画検討会議」の設置および第1回検討会議開催
昭和57年 6月	第2回検討会議
昭和57年 7月	第3回検討会議
昭和57年 8月	第4回検討会議
昭和58年 2月	工業技術センターの施設、規模、用地面積等の方針および予算を内定
昭和58年 3月	「滋賀県工業技術試験研究所施設整備基金条例」制定
昭和59年 1月	栗東町「県立工業技術センター建設用地の造成工事」起工
昭和59年 4月	「工業技術センター開設準備室」設置(室長以下6名)
昭和59年 7月	栗東町「県立工業技術センター建設用地の造成工事」完工
昭和59年 7月	「県立工業技術センター建物建設工事」着工
昭和60年 3月	(財)滋賀県工業技術振興協会設立
昭和60年 3月	「滋賀県工業技術振興基金条例」制定
昭和60年 3月	「県立工業技術センター建物建設工事」完工

昭和60年 4月	工業技術センターおよび（財）滋賀県工業技術振興協会業務開始
平成 2年 1月	融合化開放試験室設置
平成 2年 1月	融合化センター設置
平成 4年11月	別館「工業技術振興会館」竣工、(財)滋賀県工業技術振興協会および(社)発明協会滋賀県支部が入居
平成 6年 1月	インターネット(SINET)接続
平成 6年 8月	ホームページ開設

＊信楽窯業試験場

大正15年	県議会において滋賀県窯業試験場 甲賀郡信楽町設置の件決議され、昭和2年度予算に経常費 13,022円 臨時建設費 51,223円を計上
昭和 2年 4月	商工大臣により設置の件認可
昭和 2年 5月	滋賀県告示175号をもって信楽町長野に位置を決定
昭和 3年 5月	新築竣工
昭和21年10月	信楽窯業工補導所を併設
昭和22年12月	信楽窯業工補導所を滋賀県信楽窯業工公共職業補導所と改称
昭和25年 4月	滋賀県窯業試験場を滋賀県立信楽窯業試験場と改称
昭和33年 7月	滋賀県信楽窯業工公共職業補導所を滋賀県信楽職業訓練所と改称
昭和37年 3月	固形鑄込成形室新築
昭和38年 3月	併設の滋賀県信楽職業訓練所廃止
昭和39年 9月	乾燥試験室新築
昭和42年 2月	本館改築（総工費18,360,000円 RC造2階建）
昭和46年 3月	開放試験室ならびに試作成形室新築（総工費28,562,000円 RC造2階建）
昭和48年 4月	滋賀県窯業技術者養成制度制定（昭和48年告示第129号）
昭和50年 3月	調土棟、物品倉庫および車庫新築（総工費69,430,000円）
昭和54年 3月	第1・第2焼成開放試験棟新築
昭和55年 9月	第1焼成開放試験棟2階増築（総工費2,950,000円）
平成 7年12月	調土棟、物品1・2階改修（総工費 8,137,000円）
平成 9年 1月	本館相談室改修（総工費 8,858,000円）
平成 9年 3月	渡廊下新築（総工費 4,635,000円）

### 3. 敷地および建物

所在地 〒520-3004 滋賀県栗東市上砥山2-3-2番地

土地 35,350.14m<sup>2</sup> (登記面積) (実測面積 36,610.88m<sup>2</sup>)

建物 8,822m<sup>2</sup>

本館 (研究管理棟)	(鉄筋コンクリート2階建・一部5階)	4,296m <sup>2</sup>
実験棟	(鉄筋コンクリート平屋建: 日本自転車振興会補助)	693m <sup>2</sup>
別棟 (開放試験室)	(鉄筋コンクリート平屋建: 国庫補助)	154m <sup>2</sup>
別館 (工業技術振興会館)	(鉄筋コンクリート3階建)	2,483m <sup>2</sup>
企業化支援棟	(鉄筋コンクリート2階建: 国庫補助)	837m <sup>2</sup>
その他	(渡廊下、排水処理機械室等)	359m <sup>2</sup>



5F

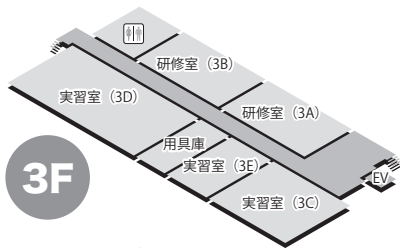


4F

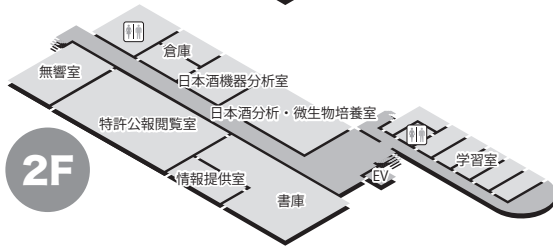


3F

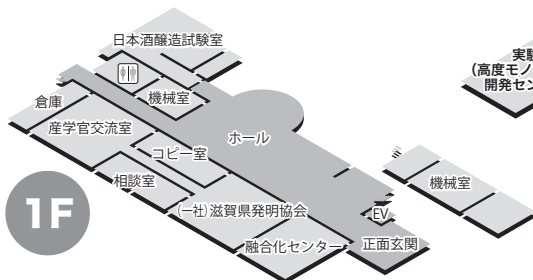
#### ▼別館



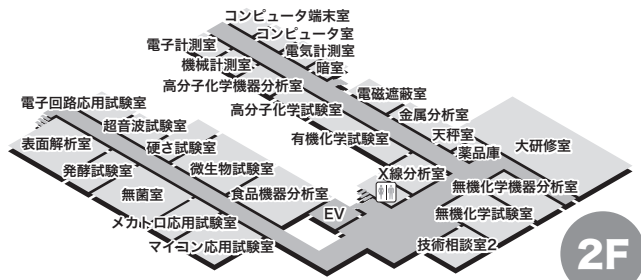
3F



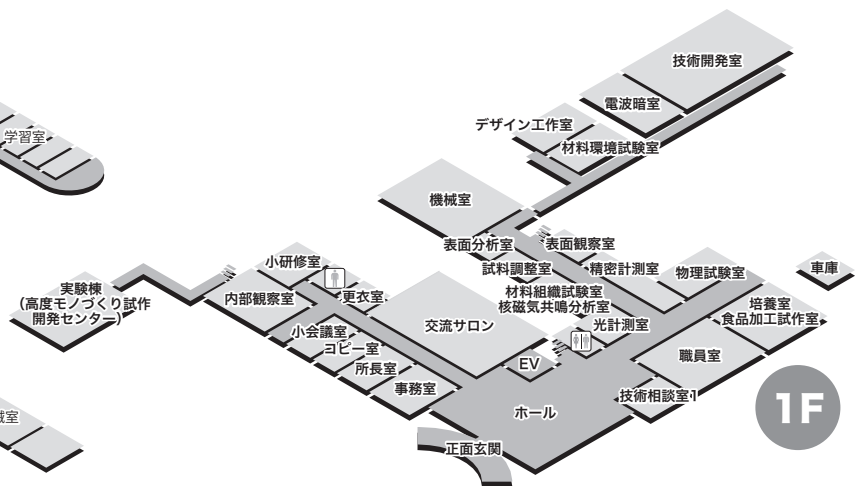
2F



1F



2F



1F

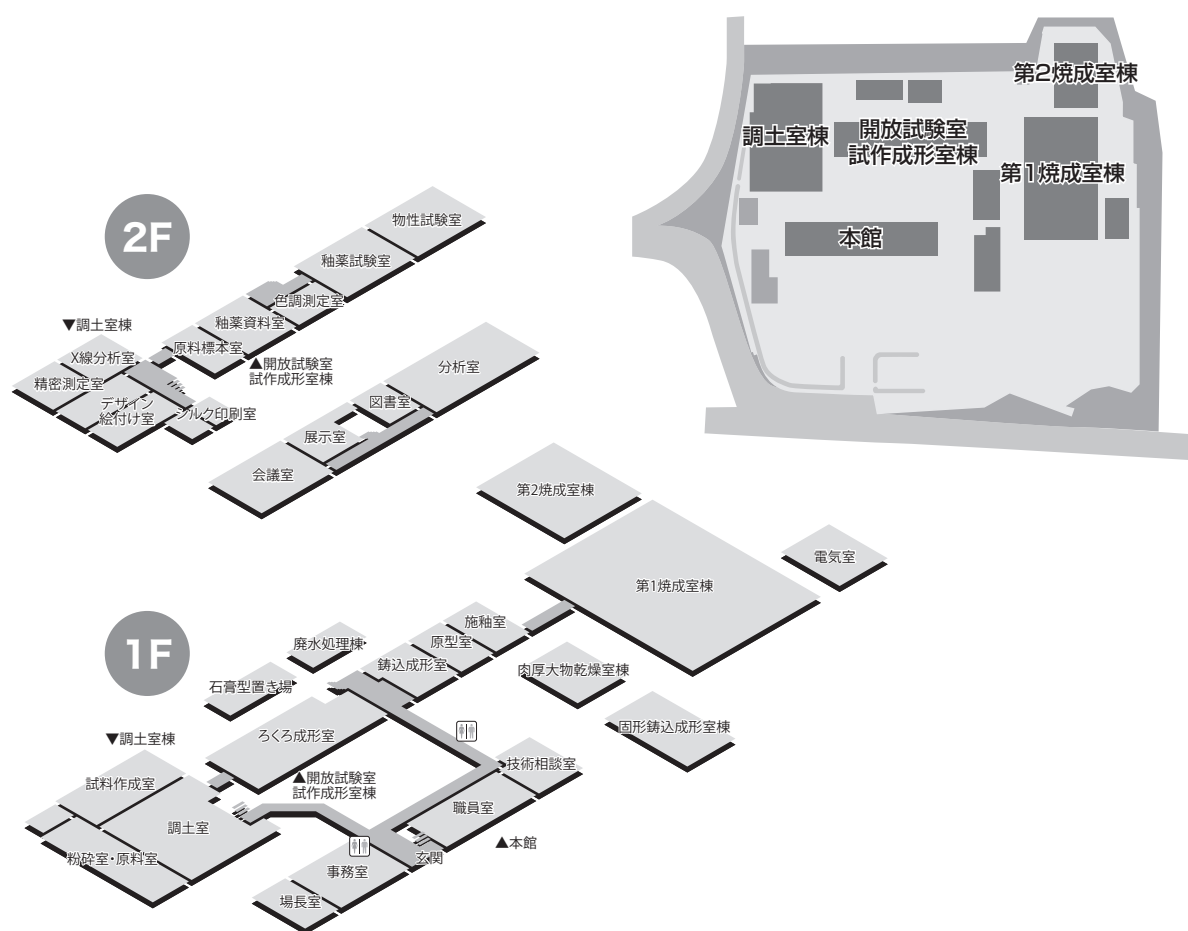
・信楽窯業技術試験場

所在地 〒529-1851 滋賀県甲賀市信楽町長野498番地

土地 7,561.23m<sup>2</sup>

建物 3,244m<sup>2</sup>

本館	(鉄筋コンクリート2階建)	608m <sup>2</sup>
開放試験室・試作成形室棟	(鉄筋コンクリート2階建)	576m <sup>2</sup>
固形鑄込成形室棟	(鉄筋コンクリート平屋建)	91m <sup>2</sup>
肉厚大物乾燥室棟	(鉄骨スレート平屋建)	63m <sup>2</sup>
調土室棟	(鉄筋コンクリート2階建)	698m <sup>2</sup>
第1焼成室棟	(鉄骨スレート平屋建：国庫補助)	612m <sup>2</sup>
第2焼成室棟	(鉄骨スレート平屋建：国庫補助)	201m <sup>2</sup>
その他	(車庫、電気室等)	395m <sup>2</sup>

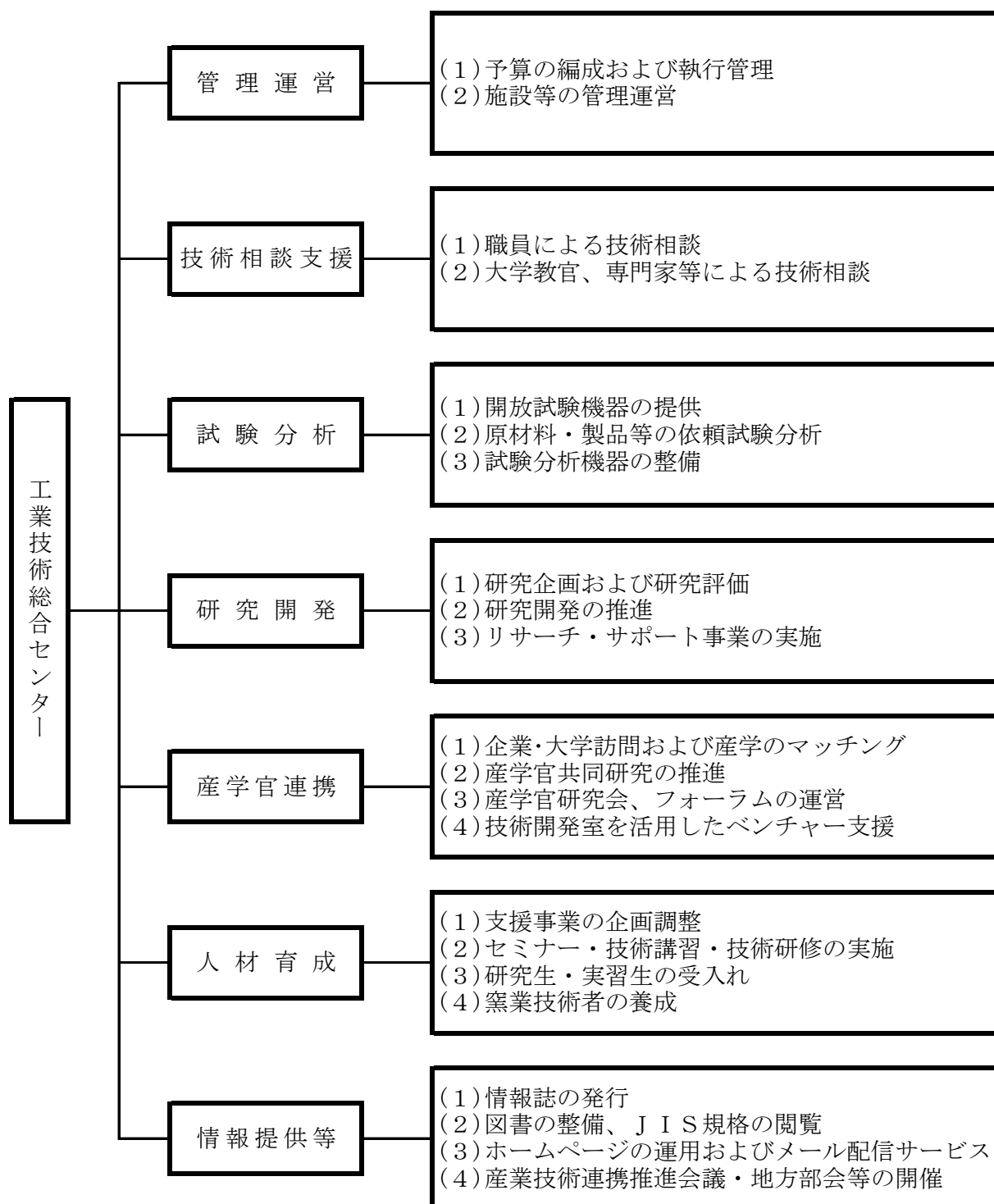




## 4. 組織および業務内容

### (1) 機能と事業

(令和3年3月31日現在)

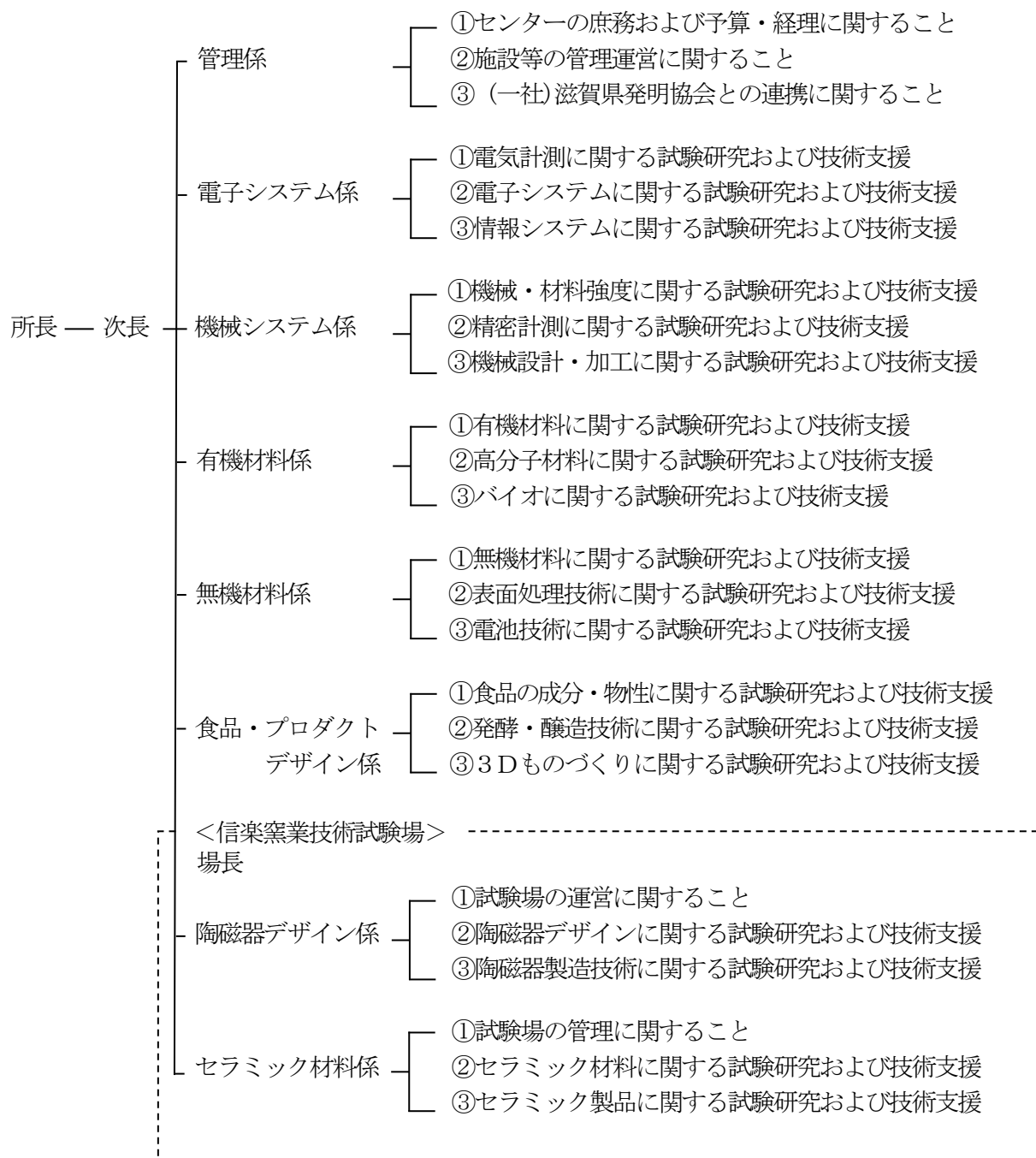


## (2) 機構および業務内容

工業技術総合センターは、総合的な試験研究、技術支援・指導、技術研修などを実施するため、管理係、電子システム係、機械システム係、有機材料係、無機材料係、食品・プロダクトデザイン係、陶磁器デザイン係およびセラミック材料係を設けています。

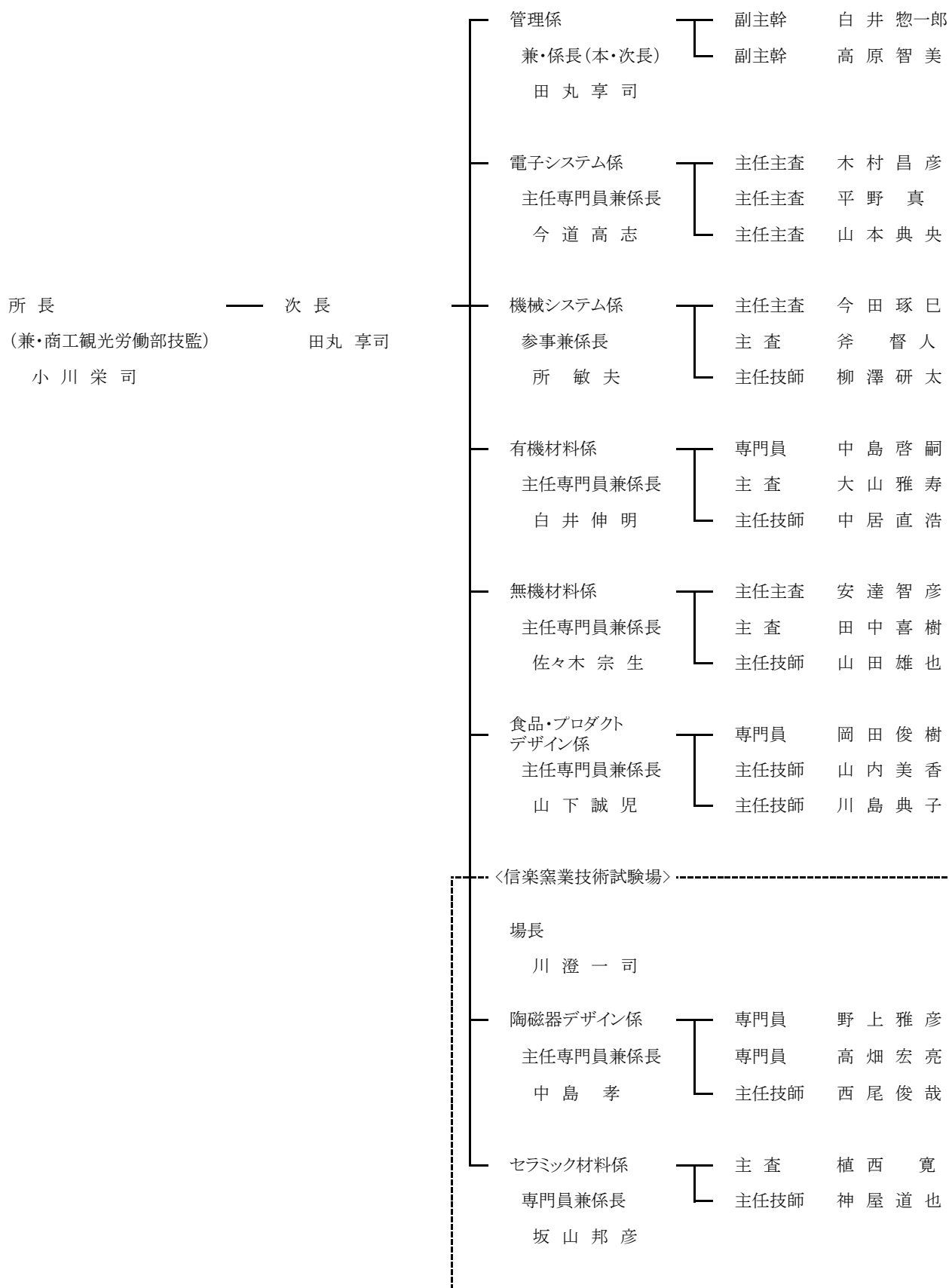
そして、(公財)滋賀県産業支援プラザ、(一社)滋賀県発明協会、各経済団体などと連携を図りながら、効果的な活動を推進しています。

(令和3年3月31日現在)



### (3) 職員

(令和3年3月31日現在)



職員数 32名  
事務 3名  
技術 29名

## 5. 決算（令和2年度）

### （1）事業別決算

（単位：円）

		概 要	決 算 額	
工 業 技 術 総 合 研 究 セ ン タ ー 費	職員費		290,322,384	
	運 営 費	企業化支援棟推進費		6,164,000
		庁舎整備事業費		80,612,000
		無体財産(特許権)維持管理費		1,648,000
		庁舎管理費		52,393,000
		小 計		140,817,000
	業 試 験	ものづくり支援開放機器整備推進事業費		45,320,000
		技術相談指導事業費		324,000
		共同研究プロジェクト事業費（研究連携推進事業）		89,000
		”（「近江の地酒」の酒質向上に向けた小規模試験醸造による実証研究）		553,000
		”（金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究）		1,191,000
		窯業技術研究開発事業費（陶磁器デザイン指導）		721,000
		”（信楽焼坪庭製品の市場開拓に向けた開発研究）		938,000
		”（窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発）		1,991,000
		地域連携型モノづくり人材育成事業費		780,000
		外部競争的資金導入型研究開発事業費（経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業） （極限環境でも高強度と耐衝撃性を持続する世界発の革新的FRP素材の研究開発）		3,914,823
	術 研 究	”（リチウムイオン電池の高容量化、長寿命化に寄与する超薄片化黒鉛を用いた画期的な導電ペーストの研究開発）		2,886,351
		”（世界初の新超硬素材を使用した高剛性・長寿命・リサイクル可能なダイヤモンド電着工具の研究開発）		4,442,405
		”（セラミックス製高精度ステーターを用いた次世代二次電池電極塗工用ポンプの開発）		237,644
		”（世界一の超低NOx・低CO2高運転効率を実現するAI運転制御機能付SDGs達成小型蒸気ボイラ(スーパー10)AFIボイラ)の研究開発）		249,007
		”（世界初・銀ナノインクアンテナを有する感熱紙印字タイプRFIDタグの研究開発）		5,579,354
		”（独自の熱膨張層による多段階伝熱コントロール技術でリチウムイオン二次電池の安全性を高める革新的伝熱コントロール材料の研究開発）		1,219,262
		”（次世代パワー半導体用SiC基板に潜在する通電圧強型欠陥の可視化及び製品の高信頼性化を実現する高速AI抽出によるスクリーニング技術の研究開発）		9,770,486
		イノベーション推進設備整備事業費		15,840,000
		個性ある「近江の地酒」開発・発信事業費		1,531,000
		モノづくり技術力向上のための技術研修事業費		255,689
	指 導 費	3Dイノベーション創出推進事業費		11,823,713
中国や東南アジアへの海外展開技術支援事業費			304,601	
現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業			619,500	
信楽焼商品化のための3Dモデル活用支援事業			1,547,599	
感染予防に対応した抗菌殺菌材料の開発支援事業			54,417,000	
VR・ARに対応した3D技術による信楽焼地場産業支援事業			2,973,047	
買いたくなる「近江の地酒」を醸造する蔵元へ再起支援事業			13,083,000	
感染症対策に資する機能性樹脂材料開発基盤整備事業			85,008,000	
デジタル技術を活用した陶製品開発支援事業			80,699,100	
技術情報サービス事業費			3,718,000	
費	ものづくり支援開放機器維持管理事業費		20,571,783	
	学会連携事業費		515,000	
	一般研究事業費		2,846,000	
	地域産業育成指導事業費		893,000	
	小 計		376,852,364	
工業技術総合センター費合計			807,991,748	
そ の 他 費	中小企業技術指導員研修事業費		277,082	
	中小企業技術支援情報ネットワーク推進事業費		800,800	
	小 計		1,077,882	
合 計			809,069,630	

(2) 科目別決算

歳入

(単位 : 円)

款	項	目	収入額	摘要	
使用料および手数料	使用料	商工観光労働使用料	67,084,878	試験分析機器等設備使用料(栗東)	57,677,240
				試験分析機器等設備使用料(信楽)	4,283,140
				技術開発室使用料	4,460,160
				技術開発室電気料金	412,336
				別館共益費	210,659
				自動販売機使用料	24,845
				自動販売機電気料金	14,998
				ケーブルテレビ線用コンクリート柱使用料	1,500
	手数料	商工観光労働手数料	1,411,090	試験等手数料(栗東)	794,640
				試験等手数料(信楽)	616,450
国庫支出金	国庫補助金	商工観光労働費国庫支出金	254,952,000	地方創生推進交付金	254,952,000
財産収入	財産運用収入	財産貸付収入	162	無体財産許諾料	162
		生産物売払収入	86,310	生産物売払収入(栗東)	86,310
				生産物売払収入(信楽)	0
繰入金	基金繰入金	産業廃棄物発生抑制等推進基金	19,809,349	製品部材等リサイクル推進支援事業(産廃税充当事業)	1,370,000
		工業技術振興基金繰入金		イノベーション推進設備整備事業ほか	16,587,149
		中小企業活性化推進基金		信楽焼商品開発のための3Dモデル活用支援事業ほか	1,852,200
諸収入	受託事業収入	商工観光労働受託事業収入	0	試験研究事業費受託事業	0
	雑入	雑入	61,452,714	JKA機械工業振興事業費交付金	30,000,000
				自動販売機納付金	51,700
				借受機器使用料(栗東)	2,827,510
				試験研究事業費補助金	28,212,004
				窯業技術者養成受講料	331,500
				広告掲載料	30,000
合 計			404,796,503		

歳出

款	項	目	節	支出額		
商工観光労働費	中小企業費	工業技術総合センター費	報酬	16,448,247		
			給料	137,790,707		
			職員手当	84,845,037		
			共済費	50,481,577		
			費用弁償	756,816		
			報償費	1,273,640		
			旅費	782,700		
			需用費	66,275,504		
			役務費	4,326,037		
			委託料	31,284,452		
			使用料および賃借料	412,720		
			工事請負費	75,710,000		
			原材料費	2,084,724		
			備品購入費	333,581,567		
			負担金補助および交付金	1,912,220		
			公課費	25,800		
			(中小企業費) 小 計			807,991,748
			商工業費	工業振興費	旅費	99,082
					役務費	800,800
	負担金補助および交付金	178,000				
(商工業費) 小 計			1,077,882			
(商工観光労働費) 小 計			809,069,630			
合 計				809,069,630		

(3) 年度別決算

年度別歳入一覧表

(単位 : 円)

年度	歳 入						計
	使用料および手数料	国庫支出金	財産収入	繰入金	諸収入	一般財源	
59	-	13,897,000	-	350,189,350	58,585,000	2,120,427,000	2,543,098,350
60	1,397,100	12,950,000	-	241,353,330	40,845,000	196,987,904	493,533,334
61	6,818,350	-	16,012,633	261,292,980	33,165,000	218,562,326	535,851,289
62	6,919,850	-	16,656,532	99,886,246	-	226,806,293	350,268,921
63	10,325,100	5,709,000	17,884,599	97,444,000	20,597,000	249,350,601	401,310,300
H1	12,599,050	27,319,000	47,035,361	112,937,776	14,910	*1 563,805,758	763,711,855
2	15,298,300	7,750,000	87,251,224	106,709,703	33,267,995	262,587,852	512,865,074
3	13,941,100	10,400,000	72,563,529	109,026,776	55,874	*2 553,087,119	759,074,398
4	15,552,050	20,125,000	39,589,382	81,776,284	28,183,260	*3 760,733,237	945,959,213
5	17,323,050	-	23,470,114	65,932,463	55,940	*4 349,292,414	456,073,981
6	20,293,650	13,283,000	18,502,868	50,815,200	17,878,270	*5 362,601,330	483,374,318
7	16,278,950	13,448,000	8,273,082	9,986,507	14,567,266	*6 546,326,863	608,880,668
8	18,200,650	21,485,000	6,843,746	-	-	620,168,916	666,698,312
9	25,480,780	*7 301,144,950	161,581	-	30,694,760	*7 859,608,099	*9 1,217,090,170
10	25,144,960	28,336,300	273,705	-	211,498,523	546,685,087	811,938,575
11	35,901,920	48,791,750	178,999	*8 3,000,000	18,290,240	552,321,896	658,484,805
12	39,157,390	47,688,890	196,125	*8 8,033,000	36,668,871	547,965,238	679,709,514
13	39,420,710	23,662,971	114,195	*8 8,008,000	23,215,419	539,138,192	633,559,487
14	41,706,710	14,017,500	144,470	*8 12,660,000	21,420,209	476,393,052	566,341,941
15	40,934,500	5,076,750	101,805	*8 5,653,000	21,187,218	475,868,519	548,821,792
16	46,616,980	-	189,415	*8 10,455,177	23,602,663	511,442,888	592,307,123
17	46,339,430	-	251,595	*10 5,555,000	25,602,430	481,076,549	558,825,004
18	53,789,503	-	179,075	*10 4,408,000	31,828,710	452,483,532	542,688,820
19	51,722,530	-	340,680	*10 4,030,000	30,723,646	438,840,873	525,657,729
20	50,072,697	-	393,805	-	62,816,839	446,733,965	560,017,306
21	56,906,267	*11 29,624,000	249,150	*12 1,711,000	45,967,174	368,235,401	502,692,992
22	62,276,469	14,000,000	239,799	*12 10,478,859	18,745,441	351,525,702	457,266,270
23	61,354,027	-	268,489	*12 12,537,628	20,159,797	360,510,990	454,830,931
24	*13 65,104,105	-	291,090	-	18,001,317	326,338,985	409,735,497
25	74,592,190	21,319,450	312,015	*12 6,621,401	19,702,391	319,033,309	441,580,756
26	78,984,757	-	262,687	-	39,617,227	330,394,040	449,258,711
27	76,885,869	*14 1,942,000	249,054	*15 28,107,800	27,543,480	343,376,881	478,105,084
28	71,516,708	*14 13,506,000	238,700	*15 16,000,000	28,983,071	*16 337,346,237	467,590,716
29	63,997,521	*14 13,416,000	267,588	*15 17,067,000	29,787,533	*17 419,395,164	543,930,806
30	62,651,977	*14 360,723,918	353,142	*15 12,558,720	55,000,112	*18 373,602,392	864,890,261
令1	66,611,654	*14 14,244,845	37,240	*15 18,595,120	19,887,946	372,064,322	491,441,127
令2	68,495,968	*14 254,952,000	86,472	*15 19,809,349	61,452,714	403,195,245	807,991,748

注 1. 財産収入・・・工業技術振興基金運用収入他  
 3. 諸収入・・・公益財団法人JKA補助金、外部競争的資金他  
 \*1 寄付金 5,100,000円を含む  
 \*2 寄付金 700,000円を含む  
 \*3 寄付金 9,000,000円、県債 270,000,000円を含む  
 \*4 寄付金 5,100,000円を含む  
 \*5 寄付金 360,000円を含む  
 \*6 寄付金 360,000円、県債 90,000,000円を含む  
 \*7 平成9年度分には平成9年度繰越分を含む  
 \*8 緊急雇用特別対策基金繰入金  
 \*9 平成9年度以降は信濃薬業技術試験場との合計額  
 \*10 県産業廃棄物発生抑制等推進基金  
 \*11 地域活性化・経済危機対策臨時交付金  
 \*12 緊急雇用創出事業臨時特例基金繰入金  
 \*13 関西広域連合に係る減免の適用開始  
 \*14 戦略産業雇用創出プロジェクト補助金  
 \*15 工業技術振興基金、県産業廃棄物発生抑制等推進基金  
 中小企業活性化化基金 (H28、H29、H30、R1)  
 地方創生推進交付金 (H28、H29、H30、R1)  
 \*16 県債 11,300,000円を含む  
 \*17 県債 44,900,000円を含む  
 \*18 県債 36,900,000円を含む  
 2. 繰入金・・・工業技術センター施設整備基金取崩 他

年度別歳出一覧表

(単位：円)

年度	歳 出							
	建設費	施設整備費	普及指導費	研究開発費	振興協会助成	運営費	職員費	計
59	2,188,909,000	350,189,350	-	-	4,000,000	-	-	2,543,098,350
60	-	295,149,000	22,757,930	4,086,000	29,581,481	49,491,557	92,468,366	493,534,334
61	-	301,307,984	34,221,520	9,020,000	30,770,881	50,503,872	110,027,032	535,851,289
62	-	109,987,607	30,549,100	9,192,500	28,807,124	54,414,818	117,317,772	350,268,921
63	-	123,231,000	45,049,000	11,734,000	29,366,778	54,756,318	137,173,204	401,310,300
H1	-	109,991,759	73,718,000	11,780,000	30,812,163	390,510,761	146,899,172	763,711,855
2	2,953,440	110,473,684	84,235,516	14,423,000	30,128,061	108,521,510	162,129,863	512,865,074
3	292,064,790	82,728,956	76,017,591	13,231,000	31,524,168	91,674,784	171,833,109	759,074,398
4	448,900,754	96,191,391	83,229,609	12,441,000	36,760,705	81,326,940	187,108,814	945,959,213
5	-	36,520,813	87,319,210	13,155,000	37,205,434	85,540,268	196,333,256	456,073,981
6	-	64,452,632	81,478,987	15,005,000	37,797,950	85,589,872	199,049,877	483,374,318
7	123,502,270	45,212,721	69,313,996	38,249,726	38,282,681	83,255,664	211,063,610	608,880,668
8	-	131,527,781	129,260,652	53,954,499	47,225,504	83,429,093	221,300,783	666,698,312
9	451,360,350	242,841,391	63,188,639	38,000,533	*1	-	93,946,369	328,752,888 *2
10	-	290,327,728	52,822,893	45,611,212	-	90,433,773	332,742,969	811,938,575
11	-	142,975,492	54,514,531	25,366,277	-	91,243,661	344,384,844	658,484,805
12	-	145,175,564	58,272,588	31,453,835	-	98,023,064	346,784,463	679,709,514
13	-	91,676,504	53,246,218	38,102,625	-	96,987,690	353,546,450	633,559,487
14	-	64,299,000	62,421,948	21,975,202	-	89,736,095	327,909,696	566,341,941
15	-	45,251,750	57,032,250	26,285,512	-	89,850,371	330,401,909	548,821,792
16	-	81,500,972	66,058,831	30,577,446	-	78,556,520	336,162,694	592,856,463
17	-	62,837,486	55,783,378	32,582,531	-	77,095,205	330,526,404	558,825,004
18	-	73,300,315	54,990,906	27,187,301	-	71,958,271	315,252,027	542,688,820
19	-	54,774,450	56,713,475	27,150,556	-	66,571,449	320,447,799	525,657,729
20	-	102,768,614	48,120,204	21,882,574	-	71,914,719	315,331,195	560,017,306
21	-	69,618,841	51,071,307	20,730,002	-	56,860,112	298,717,089	496,997,351
22	-	36,696,464	55,452,808	10,468,804	-	53,621,382	296,810,128	453,049,586
23	-	24,699,790	55,643,694	10,406,612	-	52,163,112	302,901,905	445,815,113
24	-	41,583,149	36,927,996	12,301,568	-	56,800,908	262,121,876	409,735,497
25	-	56,193,033	47,266,926	9,591,919	-	57,357,355	271,171,523	441,580,756
26	-	58,765,074	41,722,146	10,560,107	-	57,063,083	281,148,301	449,258,711
27	-	69,283,547	53,268,777	11,371,630	-	59,630,981	284,550,149	478,105,084
28	-	50,996,000	49,943,417	24,069,775	-	69,721,781	272,859,743	467,590,716
29	87,885,000	41,256,160	51,669,478	26,156,092	-	65,979,528	269,315,382	542,261,640
30	355,012,740	24,485,440	45,730,383	57,889,790	-	111,287,203	270,484,705	864,890,261
R1	-	24,701,000	49,269,690	39,901,361	-	83,766,071	293,803,005	491,441,127
R2	-	297,340,147	41,352,885	38,159,332	-	140,817,000	290,322,384	807,991,748

注 1. 建設費・・・調査等事務費を含む

2. 施設整備費・・・庁舎整備を含む

\*1 平成9年度以降は、新産業振興課執行

\*2 平成9年度以降は、信楽産業技術試験場の合計額

## 6. 工業技術総合センター運営懇話会結果概要

当センターの運営および業務等に関して、適切な評価および意見ならびに提言を得て、センターの効果的、効率的な運営に資するため、滋賀県工業技術総合センター運営懇話会を設置しています。

令和2年度に開催した運営懇話会の概要は次のとおりです。

【開催日時】 令和3年3月18日(木) 10:00～12:00

【開催会場】 工業技術総合センター2階大研修室

### 【委 員】

座長

和田隆博 龍谷大学 理工学部教授

委員

阿瀬太 近畿経済産業局地域経済部地域経済課  
イノベーション推進室長

大原耕造 信楽陶器工業協同組合 理事長

北村嘉英 草津電機株式会社 代表取締役会長

月瀬寛二 公益財団法人滋賀県産業支援プラザ 常務理事

二井谷春彦 三菱重工工作機械株式会社 執行役員

牧川方昭 立命館大学 理工学部特命教授・理事補佐

### 【次 第 等】

(1) 開会

(2) センターの運営・業務説明

①センターの概要

②業務別の説明

・電子システム係、機械システム係の業務

・有機材料係、無機材料係、食品・プロダクトデザイン係の業務

・信楽窯業技術試験場の業務

(3) 前回評価に対する対応状況

(4) 委員からの評価、意見、提言等 [質疑応答]

(5) 座長総括

(6) 閉会

金属3Dプリンタ、多機能走査型電子顕微鏡システムの見学



【委員からの意見・提言に対する対応状況】

意見・提言	対応状況
<p>これまで、組合員は汚泥を自分の敷地に積んできたが、これを有効活用し建築資材に活用できないか、今後試験場とともに信楽の新しい商品として供給できないかと思っている。</p>	<p>現在、重点研究「窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発」において、釉薬や陶土の汚泥の陶磁器素地への活用を目指しております。釉薬の汚泥を使用した素地は吸水率が低い特徴を生かし、屋外で使用する園芸土木資材へ利用を予定しております。</p>
<p>センターでは、情報やバイオ関連の要求に対し、次は何を狙っているのか。</p>	<p>情報については、令和2年度から実施しております「AI開発支援事業」などをつうじて県内企業のニーズをしっかりと把握し、AIによる課題解決の事例を作っていきたいと考えています。</p> <p>バイオ関連については、産学官の場としてSBO(滋賀バイオ産業推進機構)がありニーズ・動向をとらえて、発酵などのいわゆるオールドバイオを含めた県内企業を支援に取り組めます。</p>
<p>国の補正で機器の導入を図られたということで更にラインアップして皆さんに使っていただくようお願いしたい。</p>	<p>本年度には、国の交付金を活用し6月および9月の補正予算で、新型コロナウイルス感染症緊急対策に資する機器を導入したところです。今後も、同様な機会を活用し、先端的な機器の整備を図ってまいります。</p>
<p>毎年新規に試験研究施設を導入されているが、県内の企業をはじめしっかりPRしていただいて、できるだけ早く研究機会の創出につなげていただきたい。</p>	<p>新規導入設備については、センターHPやメール配信、広報誌等の媒体をはじめ、技術研修の開催等により、県内企業等へ広くタイムリーにPRしているところです。今後は、各種メディアを活用したPRにも取り組んでまいります。</p>
<p>紹介いただいた取り組みの成果を滋賀県の素材産業を中心とした研究開発を国内だけではなく、グローバルな市場での差別化をしっかりと進めることが大事である。</p>	<p>素材産業は、短期間で研究開発から実用化に結び付くものでないことから、ご提言いただきましたグローバルな市場や、中長期的な観点が必要であり、企業訪問や技術相談をつうじて県内企業の特徴・長所を市場化に生かせるよう共同研究や技術移転をおこなってまいります。</p>
<p>デジタル庁もでき新しい分野がどんどん広がっていくことになれば、ビッグデータなどを活用した技術支援を企業も必要とする時代になると思うので、半歩前に行った取り組みをされるといいと思う。それと関連して若手の人材育成を進めていくとよりいい組織になるのではないかと。</p>	<p>当センターでは令和2年度から県内中小企業のAI活用推進を目的として「現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業」を実施しています。</p> <p>令和3年度は、本年度に引き続きセミナーを実施する他、産業支援総合研究所のAI用スーパーコンピュータであるABCの活用などをつうじて環境を充実し、県内企業がIoT、AIに取り組むための人材育成に取り組んでまいります。</p>

## 7. 設備・機器

令和2年度に取得した主な機器は次のとおりです。

### 試験研究機器類

	機器名	メーカー型式/規格	金額	取得日	摘要
栗 東	表面観察用レンズ (50～500倍)	(株)キーエンス VH-Z50T 長距離高性能ズームレンズ	1,866,700	R2.8.6	戦略的基盤技術高度化支援事業
	小型環境試験器(恒温槽)	エスベック(株)SU-642	1,318,900	R2.8.28	戦略的基盤技術高度化支援事業
	3Dプリンタ用加工 プログラム支援システム	(株)C&Gシステムズ LAMDA200用 加工プログラム支援システム一式	5,478,000	R2.9.16	3Dイノベーション創出推進事業
	金属3Dロータリー テーブル	(株)三共製作所 ローラドライブCNC RCD105	6,270,000	R2.9.18	3Dイノベーション創出推進事業
	味認識装置	インテリジェントセンサーテクノロジー TS-5000Z他	9,878,000	R2.10.12	6月補正
	イナートオープン	ヤマト科学イナートオープンDN41II、サカ エ軽量作業台KS-127SI	561,000	R2.10.23	戦略的基盤技術高度化支援事業
	プレハブ冷蔵庫	ホシザキ(株) HUS-6RA1、PR22CC0.61除湿器MJ -P180RX-W	1,925,000	R2.11.2	6月補正
	液晶プロジェクター (超短焦点モデル)	NEC NP-UM351WJL	118,800	R2.11.2	
	回転式マイクローム	大和光機工業(株)RX-860・N2U	3,597,000	R2.11.10	戦略的基盤技術高度化支援事業
	非接触三次元測定機	(株)ミツトヨ QVH4A-H606P1L-D 他	15,840,000	R2.11.30	
	多機能走査型電子 顕微鏡システム	(株)日立ハイテック Regulus8220/FlexSEM1000II	45,320,000	R2.12.10	JKA(競輪補助)
	スクラッチ試験AE検出器	ディスクリミネータ AE9922 (株)NF回路設計ブロック	324,500	R2.12.11	
	KOHエッチング装置	(株)エビクエスト ETC-6001F他	6,655,000	R2.12.22	戦略的基盤技術高度化支援事業
	マルチ検出器GPCシステム (分子量測定装置)	スペクトリス(株) マルチ検出器アドバンスドGPC	16,940,000	R3.1.6	9月補正
	伸長粘度測定システム (プラスチック成形性評価装置)	TAInstruments社製 DHR伸長粘度アクセサリEVA	3,388,000	R3.1.19	9月補正
	樹脂気密性測定装置	GTRテック(株) 高感度水蒸気透過度測定装置 GTR-3000XASK 他	15,620,000	R3.1.28	9月補正
	プラスチック改質装置	Xplore Instruments卓上型混練機 MC15HT他	24,200,000	R3.1.28	9月補正
	ポータブル音響システム	パナソニック ポータブルアンプWX-PS2 00、マイクWX-ST200×2本、他	295,570	R3.2.1	
	超純水製造装置	ザルトリウス アウリムProVF H2OPRO-VF-T	922,350	R3.2.4	
	殺菌効果評価装置	ThermoFisherリアルタイムPCRシステム Quant Studio5他	8,910,000	R3.2.5	9月補正
高機能赤外分光光度計 (樹脂表面分析装置)	(株)パーキンエルマー フーリエ変換赤外分光分析装置 Spectrum3他	15,950,000	R3.3.3	9月補正	

信 楽	卓上型pHメーター (pH電極セット+電気伝導率電極)	堀場製作所F-74VスリーブtoupH電極 セット、9383-10D電気伝導率電極	345,950	R2.7.30	
	360度カメラ	RICOH THETA Z1	119,020	R2.9.18	6月補正
	一眼カメラ	Nikon デジタル一眼カメラ Z50 16-50VRレンズキット	124,300	R2.9.24	6月補正
	真空土練機	丸二陶料(株)MHT-75S	999,900	R2.9.25	産業廃棄物税関連事業
	3Dスキャナー	Shining3D社 EinScanPro 2X Plus	1,818,300	R2.10.1	6月補正
	高精度ガス吸着量測定 装置	マイクロトラックベル(株) BELSORP MAXII 334VP-SS	14,135,000	R2.12.4	6月補正
	超短焦点プロジェクター	EPSON液晶プロジェクターEH-LS500 B 無線LANユニットELPAP10	331,980	R2.12.4	6月補正
	熱分析装置	ネッチ・ジャパン DIL402 Expedis&STA2500Regulus	12,980,000	R2.12.10	6月補正
	エネルギー分散 型蛍光X線装置	(株)島津製作所 EDX-8000	7,700,000	R2.12.10	6月補正
	3D CAD/CAMシステム	Mastercam Multi-Axis Art, HP Z2 SFF G4	3,278,000	R2.12.25	9月補正
	精密万能試験機(5kN)	(株)島津製作所 オートグラフ AGX-10kNVD	4,609,000	R2.12.28	6月補正
	レーザー回折/ 散乱式粒子径分布測定装置	マイクロトラック・ベル(株) 粒子径分布・粒子形状測定装置SYNC他	14,993,000	R2.12.28	6月補正
	レーザー加工機	トロテック・ジャパン(株) Speedy100 C30、集塵脱臭装置、他	2,520,320	R3.1.19	9月補正
	大型5軸モデリング マシン	(株)岩間工業所 MM1000R-5	24,750,000	R3.1.20	9月補正
	セラミックナー印刷 システム	(株)サンリュウ A4サイズプリンタセット他	2,579,500	R3.2.15	9月補正
	ペレット式3Dプリンター	(株)リコー Slab GEM550D 他	33,242,000	R3.2.16	9月補正
	脱脂焼成システム ガス窯0.5立方メートル	丸二陶料(株) MR-40SWP 還元焼成部、箱型、台車 式	3,382,500	R3.3.1	9月補正
	脱脂焼成システム 電気炉45kw	丸二陶料(株) MR-45FE RF 酸化焼成部、箱型	4,735,500	R3.3.1	9月補正
	脱脂焼成システム 電気炉20kw	丸二陶料(株) MR-20FE RF+MR-10FE 脱脂焼成部、箱型	5,412,000	R3.3.1	9月補正

## Ⅱ 重点事業および補正予算事業

### 1. 重点事業

#### (1) 3Dイノベーション創出支援事業

##### 1. 事業目的

県内のモノづくり産業において、切削加工に代表される除去加工ではなく、材料を積み上げ重ねていく新加工法（付加加工）である3Dモノづくり技術を普及・活用することにより、県内における新たな技術革新の創出を強力にバックアップすることを目的とする。

##### 2. 事業内容・成果

金属3D積層造形技術による新製品・新技術を創出するため、最新鋭の金属3Dプリンタの整備・機能強化をはじめ、産学官の研究会による関連技術の情報提供や先行試作を実施した。

###### (1) 金属3Dプリンタの機能強化

最新の金属3Dプリンタの利便性向上・機能強化を目的にオプション機器の導入を実施する。

###### (2) 滋賀3Dイノベーション研究会による支援

23社の県内企業や県内大学等で構成される「滋賀3Dイノベーション研究会」において、最新鋭の金属3Dプリンタによる技術開発支援として、情報提供・先行試作を実施する。

##### 成果

- ・ロータリテーブルの導入
- ・加工プログラム支援システム（CAM）の導入
- ・上記導入機器による試作
- ・研究会の開催 2回

※詳細は、(5) 研究会活動の推進 ⑤滋賀3Dイノベーション研究会で紹介

## (2) 現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業

### 1. 事業目的

県内中小企業等へのAI活用の裾野を広げることで、生産性の向上（現場力の維持・強化）を図る。併せて、工業技術総合センターにおけるAI支援体制の強化を図る。

### 2. 事業内容・成果

AI技術の活用により県内中小企業等の生産性向上を図るため、AI活用人材の育成を図るとともに、AI専門人材の派遣や交流機会の提供など、AI活用支援環境の整備を図る。

#### (1) 工業技術総合センターにおけるAI支援体制の強化

県内中小企業等に対して、AI支援体制の強化を図るために、AI活用スキルを持つ職員を拡充・育成を図る。

#### (2) 中小企業向けAI人材育成講習および県内専門人材との交流

県内中小企業等に対して、ものづくりにおけるAI活用について認識を深め、AI技術を事業に活かせる人材育成を目的として研修を実施するとともに、県内専門人材との交流を図る。

#### (3) 中小企業へのAI専門人材の派遣・指導

県内理工系（情報系）大学やAI関連企業からの専門人材を県内中小企業等へ派遣することで、AI活用に関する技術開発等について指導・支援を実施する。

#### (4) 中小企業のAIシステムの開発支援

中小企業等と共同でAI活用技術シーズの確立と先進的な技術力の育成を行う。

成果 ・G検定取得：職員3名 ・支援,相談件数：19件

・セミナー開催

名称：はじめてのAIセミナー（参加者23名）

日程：2020年12月4日（金）

講演1：初心者の方にもわかりやすいAIセミナー

内山 尚 氏【株式会社STANDARD 顧客統括本部 営業本部長】

講演2：AI画像外観検査における撮像の重要性について

油井 大悟 氏

【シーシーエス株式会社 国内営業部門 MVソリューション部 AIビジネス営業課】

場所：当センター

名称：製造現場へのAI・IoT普及セミナー&ものづくりIoT研究会第5回定例会（参加者：59名）  
（公益財団法人滋賀県産業支援プラザとの共催）

日程：2021年3月18日（木）

特別講演：中小企業はAIをこう使おう！

岡田 隆太郎 氏【一般社団法人日本ディープラーニング協会 理事・事務局長】

生産現場に価値を生むAIシステム

藤田 圭佑 氏

【Musashi AI株式会社 AIエンジニア（日本ディープラーニング正会員社）】

製造現場のAI・IoT導入事例発表：

日伸工業株式会社、株式会社ミヤジマ、三友エレクトリック株式会社

場所：コラボしが21

### (3) 個性ある「近江の地酒」開発・発信事業

#### 1. 事業目的

県内醸造所の競争力強化と「近江の地酒」のブランド力向上のため、新製品開発と品質向上に必要な試験環境の整備・運営を行うと共に、「近江の地酒」の魅力を外へ発信する事を目的とする。

各醸造所は、高品質で個性のある酒質を目指している。製品が目的通りの酒質であるかの評価は、人の味覚や臭覚に頼っており、個人差の排除や社員間の認識の共有を図るには、客観的なデータとして数値化する必要がある。また、経験に依存しがちな製造方法も、科学的なデータから製品の品質向上や高度な製造方法の実現を可能とする。

#### 2. 事業内容・成果

工業技術総合センターの支援の下で、県内醸造所共通の課題解決と各醸造所自らが試験醸造施設を用いた試験・研究を行う。また、効果的な利用推進のために必要となる分析・評価装置等の設置と運用を行った。

##### ■小規模日本酒醸造試験設備の設置と運用

日本酒の技術や新製品開発が行える小型試験醸造施設の整備を行い、年間を通じて小仕込試験を可能とした。少量の原料で様々な試験チャレンジが可能となり、実証試験や製品開発に活かした。(平成 28 年度地方創生拠点整備交付金を活用して整備)

この施設を活用して、県奨励品種酒米での醸造特性や酒質評価試験、醸造所独自保有の醸造用酵母の酒造特性試験を実施して製品開発に活かした。



蒸米製造施設



麴・酒母製造施設



発酵施設とサーマルタンク

##### ■日本酒の成分分析装置の導入

日本酒醸造試験で醸造した試験酒や醸造所の市販酒の品質評価、あるいは新製品開発データに利用して醸造所の競争力強化と「近江の地酒」のブランド力向上を目指した。

特に市販酒では、吟醸酒や純米酒等のカテゴリー別に自社の日本酒と県内の他の醸造所の日本酒との比較グラフを作成(マッピング)して消費者や酒販店への販売促進資料等として利用提案を行った。

##### ■県オリジナル清酒醸造用酵母の開発

華やかな香りを多く生産する県オリジナル酵母の要望が高まり開発を行った。酵母開発は、果実香(リンゴ様の香りである[カプロン酸エチル])を多く生産する酵母を造成・選抜し、吟醸酒でよりフルーティーな香りが特徴の日本酒を目指した。その結果、新規県オリジナル清酒醸造用酵母「IRCS-SC9plus」として分譲を開始した。令和2年度は、この酵母を利用して県内2社から新製品等が発売された。

## 2. 補正事業

### (1) VR・ARに対応した3D技術による信楽焼地場産業支援事業

#### 1. 事業目的

信楽焼地場産業においても、新型コロナウイルスの影響による直接対面販売の自粛や観光客の減少とともに、全国の取り扱い店舗などからの発注も減少しています。一方、陶器製品のネット通販においては一定の需要はあるものの、現物を確認しながら購入できないため、規格品である家庭電化製品や衣料品などと比べると需要は限定的です。

本事業では、製品や店舗内風景などを3Dデータ化し、ネットで活用するまでの技術支援を行うことで、信楽焼地場産業へのVR・AR技術の普及と活用を図ります。

#### 2. 事業内容・成果

フルカラーの3Dスキャナーや360度カメラ等によりVR・ARデータを作成できる環境を整備し、指導事業や研究会活動などにおいて以下の技術の情報提供と活用支援を実施します。

- 3Dスキャナーや自動ターンテーブルによるオブジェクトVR・ARデータの撮影および作成
- 360度カメラによる、パノラマVRデータの撮影および作成
- VR・ARデータをウェブサイトやオンラインショップ等で活用するための技術支援



信楽窯業技術試験場バーチャル試作展

## (2) 感染予防に対応した抗菌殺菌材料の開発支援研究

### 1. 事業目的

新型コロナウイルスの感染対策として、空調設備や製品表面へ抗菌作用等の需要が増加しています。県内企業においても新たな機能を付与したセラミック・無機材料の開発が必要であり、原料や開発した材料を評価する装置を整備し、県内企業による感染予防関連製品の開発を支援します。

### 2. 事業内容・成果

エネルギー分散型蛍光X線分析装置・粒子径分布測定システム・熱分析装置・万能材料試験機・高精度ガス/蒸気吸着量測定装置の5種の機器の導入が12月までに完了し、企業支援に活用されています。7月以降、既存の機器も含めて、抗菌殺菌材料に関連するフィルター、活性炭や光触媒等の分析評価を目的として10社、25回利用され、抗菌殺菌材料の研究開発を促進しました。



エネルギー分散型蛍光 X 線分析



粒子径分布測定システム



熱分析装置



高精度ガス/蒸気吸着量測定装置



万能材料試験機



### (3) デジタル技術を活用した陶製品開発支援事業

#### 1. 事業目的

新型コロナウイルスの影響を受け、売上が減少した県内の陶磁器・セラミックス産業を競争力ある産業とするため、切削加工機や3Dプリンタ等のデジタル加工技術を活用し、生産性の向上および複雑形状の新たな付加価値を創出する製品分野の開拓を目指した技術支援を実施します。

#### 2. 事業内容・成果

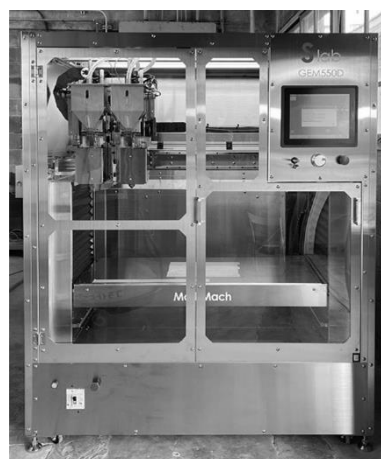
多様化や短納期のため製品データのデジタル化が進み、企画から製造まで一貫して扱える技術が重要となる中、他産地で導入が進む3D技術を活用した造形加工などの革新的なデジタル技術への対応が求められています。コロナ後も持続可能で競争力ある地域産業として逸早く回復を図るため、取組が遅れてきたデジタル技術を活用した製品開発技術の普及を目指し、以下の支援をおこないます。

- デジタル技術による迅速で効率的な製品開発支援
- デジタル技術を活用した新たな付加価値を創出する新製品の開発支援
- 人材育成及び新製品開発支援

大型5軸切削加工機、ペレット溶解積層方式3Dプリンタ、3DCAD・CAMソフトウェア、レーザー加工機、セラミックトナー印刷システムの計6種類の機器の導入を3月初めまでに完了しました。これらの機器利用を希望していた企業には、新製品開発や製造技術への活用方法に関する技術指導等を実施しました。



大型5軸切削加工機



ペレット溶解積層方式3Dプリンタ

## (4) 買いたくなる「近江の地酒」を醸造する蔵元へ再起支援事業

### 1. 事業目的

新型コロナウイルス感染拡大防止による緊急事態宣言により、外出自粛や飲食店への営業自粛・時短営業の要請がされたことにより、「近江の地酒」の消費量が大きく減少しました。

早急な消費回復を図るためには、他府県に負けない「近江の地酒」の本当の良さを多くの人に知ってもらい知名度を高めることが最重要であると考え、従来からの「甘口・辛口」などの味わい表現に加え、人間が感じる味覚をより客観的に数値化・グラフ化して味をわかりやすく表現して、販売促進につなげる事業を滋賀県酒造組合と協働で実施しました。

### 2. 事業内容・成果

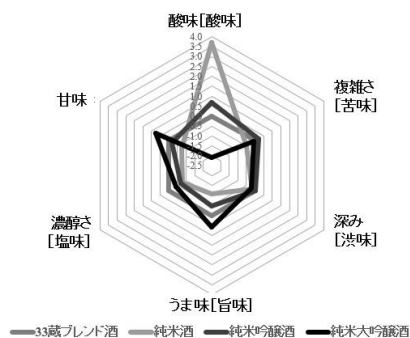
本事業は、「味認識装置」を導入し、「近江の地酒」の酸味、苦味、渋味、塩味、旨味、甘味を測定し数値化・グラフ化を行いました。加えてアルコール濃度や酸度などの一般成分分析、香気成分ならびに有機酸成分分析を行い、「近江の地酒」の現状分析を実施しました。

分析は、18社、約150本行い、分析結果を各醸造所へ報告しました。

味認識装置の測定結果から、味の数値化とグラフ化を行い、視覚的に酒質バランスや自社製品あるいは「近江の地酒」の中での位置づけを分かりやすく示すことが可能となりました。滋賀県全体の結果は、滋賀県酒造技術研究会で報告・共有し、今後の酒質向上へ繋がります。



味認識装置



レーダーチャートの一例

## (5) 感染症対策に資する機能性樹脂材料開発基盤整備事業

### 1. 事業目的

コロナ禍の発生により、新たな生活・行動様式が構築される中で、新たな成長市場も出現した。例えば、国民の衛生意識が向上した結果、県内製造品出荷額の多いプラスチック業界では、身の回りに広く用いられて触れる機会の多い製品への抗菌/ウイルス性の付与や菌/ウイルス付着の防止、消毒処理への耐性といった機能へのニーズが高くなった。そこで、機能付与したプラスチックの製品開発・評価に不可欠な試験機器を導入することで、早期に上市が求められている感染症対策に資する機能を持つプラスチック開発・生産体制を構築することを目指した技術支援を実施します。

### 2. 事業内容・成果

工業用樹脂材料(プラスチック)に感染症対策に不可欠な機能(菌/ウイルスの除去、付着防止および消毒処理耐性など)を付与した機能性樹脂材料を開発・生産するための試験評価機器を工業技術総合センターに整備することで、県内企業の製品開発が加速するように支援します。

機能性樹脂材料の開発製造に必要な、比較的高額であり重要な以下の装置を導入し、各技術分野に知識・経験を持つ職員とともにこれらの装置を多くの県内企業が活用できるようにR3年度より機器開放を開始しました。

○試作工程を支援する機器：

- ・プラスチック改質装置 Xplore Instruments社 MC15HT

○機能性評価工程を支援する機器：

- ・高機能赤外分光光度計(樹脂表面分析装置)PerkinElmer社Spectrum3・Spotlight 400
- ・リアルタイムPCR装置(殺菌効果評価装置)Thermo Fisher Scientific社QuantStudio5
- ・高感度ガスバリア性測定装置(樹脂機密性測定装置)GTRテック社GTR-3000XASK

○製造プロセス工程の最適化を支援する機器：

- ・プラスチック成形性評価装置 TA Instruments社 EVA
- ・マルチ検出器GPCシステム(分子量測定装置)  
スペクトリス社 OMNISEC RESOLVE・REVEAL



### Ⅲ 業務概要

#### 1. 技術相談支援

令和元年度実績の概要は、次のとおりです。

事業名	実施件数等		
	栗東	信楽	合計
職員による技術相談	6,614件	951件	7,565件
リサーチサポート制度の利用	1件	4件	5件
モノづくり技術人材育成事業	16コース	2コース	18コース

※新型コロナウイルス感染症対策のため、栗東（1コース）を中止した

#### (1) リサーチサポート制度の利用

県内企業や当センター等の実施する技術開発や研究会事業に、大学等の専門家をリサーチサポーターとして招聘し、適切な指導助言を得て課題解決を図り、技術開発や研究会事業等を円滑にすすめる事業です。

[栗東] 件数：1件

実施日	分野	内容
R3.3.1	機械	CFRP切削加工方法について

[信楽] 件数：4件

実施日	分野	内容
R2.7.8 R2.8.5 R2.9.7 R3.3.8	窯業 (デザイン)	商品開発およびブランド構築について 信楽焼坪庭製品のデザイン指導 信楽焼坪庭製品のデザイン指導 商品開発およびブランド構築について

(2) モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業（講習・実習）

	講習会名称	実施日	内 容	参加者
栗東	講習【熱物性測定の基礎ーフラッシュ法による熱拡散率・熱伝導率測定ー】 実習【熱物性測定システム】	2.10.6	フラッシュ法による材料の熱拡散率、熱伝導率の測定技術の講演と実習（デモンストレーション）	9名 8名
	講習【マイクロフォーカスX線透視装置の構造と取扱方法】 実習【マイクロフォーカスX線透視装置】	2.11.17	原理・技術に直結する内容の学習および観察の実演・実習	10名 10名
	講習【耐候性（環境）試験による製品の寿命・安全・信頼性の向上】 実習【キセノンウェザーメータ】	2.11.25	製品の寿命・信頼性の向上するため耐候性（環境）試験を行うための条件設定、各種規格、サンプル作成・設置のコツ等について講演と実習	15名 10名
	講習【振動試験における取付治具作製のポイント】 実習【大変位振動衝撃試験機】	2.11.27	振動試験における取付治具の概要についての講習および実際の治具を使用した実習	12名 12名
	講習【光の基礎知識、輝度計の基本原則と使い方】 実習【分光放射計】	2.12.9	明るさや色の見え方など光と色の知識から光計測機器の原理までの学習および分光放射計の実習（デモンストレーション）	7名 7名
	講習【金属3Dプリンタ用CAMを用いた多軸造形】 実習【金属粉末積層造形装置（DED方式）】	3.1.29	金属3Dプリンタ用CAMの特徴についての講演およびCAMを用いた多軸造形の実習（デモンストレーション）	18名 18名
	講習【最新の電子顕微鏡による試料観察と元素分析】 実習【多機能走査型電子顕微鏡システム】	3.2.19	電子顕微鏡の基礎、導入した走査型電子顕微鏡の特徴や使用方法の講習および試料の作製方法や観察・分析方法についての実習	42名 34名
	講習【新規導入！非接触画像測定機による測定法のご提案】 実習【非接触画像測定機】	3.3.18	新規導入した非接触画像測定機の特徴についての講義と実習（デモンストレーション）	9名 9名
	栗東計	16コース		230名
信楽	講習【注目を集める 商品写真撮影テクニック講座】 実習【カメラ等撮影機材】	2.12.10	商品写真を正確に、また魅力的に撮影するための基本的な機材とテクニックについての講習と実習	6名 6名
	信楽計	2コース		12名
モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業 合計		18コース		242名

### (3) 中国や東南アジアへの海外展開技術支援事業

#### ■国際規格

企業の皆様が自社製品を世界に販売するとき、安全性や品質を販売先の規格へ適合させる必要があります。

- ・販売先はどんな規格なのか。
- ・どこで評価するのか。
- ・どうやって製品を評価するのか。
- ・どんな手続きがあるのか。

このような課題を解決するため、主に中国、韓国、東南アジアへ輸出しようとする企業に対して以下の支援を実施しました。

#### <セミナー>

開催日	テーマ名	受講
R3. 1. 14	◆「CEマーキング-機械安全とリスクアセスメント」 講師：有限会社 フェイス 代表 吉川 保 氏	12名
R3. 3. 17	◆CEマーキング対応のための基本的な考え方 +UKCAマーク制度概要 講師：テュフ ラインランド ジャパン (株) 製品事業部 太陽光発電・産業機器課 梶原 一真 氏	7名

#### <個別相談会>

登録相談員：5名

相談員	技術分野
石井満氏	CEマーキング、機械指令、低電圧指令、EMC指令、RE指令
佐々木宏氏	国際規格適合設計（白物家電）、IEC国際規格対応、製品安全試験所の品質マニュアル
古谷武徳氏	RoHS指令、REACH規則
川北日出夫氏	RoHS指令、REACH規則、CEマーキング
今井俊和氏	RoHS指令、REACH規則、グリーン調達

相談会：6社に対し6回実施、内容：各指令への適応対応について

#### (4) 主な技術相談事例

分野	機械・計測
課題	金属積層造形による金型の耐久性向上
<p>金型の耐久性向上のため、既存金型材料上に耐摩耗性に優れた異種材を積層造形したい。</p>	
<p>対 応</p> <p>センター既設の粉末 DED 方式金属 3D プリンタの特徴を活用することで、異種材料の追加積層造形が可能であることを調査した上での相談であった。基材である既存の金型部品および新たに追加造形を行うための工具鋼鋼材系の金属粉末は、相談企業が持参した。</p> <p>新たに追加造形を行う金属材料の造形条件（レーザ出力や走査速度など）の知見は持ち合わせていなかったが、既知であった同系統の条件を参考に調整した。また、造形形状に則した積層パスの種類を企業側に複数提案し、追加積層造形を行った。</p> <p>相談企業は造形サンプルの後加工（仕上げ加工や熱処理など）、硬さ分布や内部観察を行い、実機に取り付け既存金型との耐久性比較試験を行った。その結果、今回追加積層造形を行ったサンプル金型の耐久性向上が明らかとなり、相談企業の今後の金型補修・改良改善分野における DED 方式金属プリンタを活用した 3D ものづくり技術の向上に繋がった。</p>	

分野	電子
課題	振動試験の共振測定について
<p>振動試験において製品の共振特性を調べたい。</p>	
<p>対 応</p> <p>製品に加速度ピックアップを取り付けてスイープ試験を行うことで共振測定を行うことが可能です。固定治具自体に共振がある場合、製品の特性ではなく治具の特性を測定することになるので、固定治具は強固な構造にする必要があります。また、製品の質量に対して、加速度ピックアップが十分に軽量でなければ、測定への影響を無視できないため、軽量の製品については注意が必要です。製品が軽量で加速度ピックアップの質量を無視できない場合は、非接触で振動を測定する必要がある。</p>	

分野	高分子
課題	異物の分析について
プラスチック成型品中に存在する異物の分析を行いたい。	
<p>対 応</p> <p>ポリプロピレンより構成される当該成型品を切開して異物を取り出し、赤外分光光度計を用いてこの異物の組成分析を行ったところ、ナイロンの成分が検出されました。ヒアリングの結果、当該成型品の製造前に同じ成形機を用いてナイロンの成型品を製造していたことから、原料の置換洗浄不足によって成型機中に残ったナイロンが異物の原因であることが判明した。</p>	

分野	無機材料
課題	金属の残留応力測定について
溶接部付近の残留応力測定を行いたい。	
<p>対 応</p> <p>金属の残留応力は金属材料の評価手法として、よく出るキーワードです。cos<math>\alpha</math>法を用いた残留応力測定装置では、デバイリングを二次元で検出することで、短時間で簡易に測定できます。また、約<math>\phi</math>2mmでの領域の残留応力の情報が得られ、装置付属のカメラで測定位置を確認しながら測定できます。</p> <p>溶接の影響による残留応力の変化について測定したいとの相談があり、溶接部から10mm間隔で複数の測定ポイントを設定し、各ポイントでの残留応力を測定し、溶接の影響を把握することができた。</p>	

分野	食品
課題	清酒のアミノ酸度について
想定しているよりもアミノ酸度が高かったので、今後の製造では低くしたい。	
<p>対 応</p> <p>アミノ酸度は、清酒の味の目安の一つである。アミノ酸度が高い理由は、使用酒米の品種、精米歩合、使用麹菌の種類と製麹条件、発酵中の蒸米の溶解が進みすぎた、酵母の死滅などが考えられる。一般的にアミノ酸度を低くするのであれば、枯らしのきく強い酒母の育成、発酵経過温度の見直し、醪後半はアミノ酸度測定を毎日行い酵母死滅の予測実施、アルコール添加酒であれば添加後の上槽を速やかに行うなどの対策が考えられ、検討事項を説明した。</p>	



分野	窯業
課題	吹きガラス製品の割れについて
製品が割れる原因と対策を知りたい。	
<p>対 応</p> <p>吹きガラス製品を製造時に、二種のガラス（基礎ガラスと、基礎ガラスに別途添加材が入っているガラス）を重ねた場合、仕上げ工程の研磨時にひび割れが発生していた。基礎ガラスだけの製品ではそのような割れが発生していなかったため、原因と対策について相談があった。</p> <p>二種のガラスの熱膨張率測定をおこなった結果、明確な差異は見られなかった。そこで、添加材によって徐冷に適する温度が変わっている可能性が考えられたため、徐冷炉の温度および徐冷時間を見直した結果、ひび割れの発生はなくなった。</p>	

分野	窯業
課題	乾式粒子径測定における凝集について
乾粉粒子の凝集を防ぎ、分散した状態の粒子径測定を行いたい。	
<p>対 応</p> <p>薬剤の乾式測定を行ったところ想定よりも10倍以上大きな平均粒子径を示した。粒子の帯電による凝集が考えられた。測定前にイオナイザー（静電気除去装置）を使用して試料の静電気を取り除き測定したところ、ほぼ想定通りの平均粒子径が得られた。</p> <p>ただしイオナイザーでは凝集がなくなる試料もあり、それらは試料の潮解による凝集の可能性があったため、試料を乾燥状態で保管し、迅速に測定するようにした。</p>	

分野	窯業
課題	植木鉢の形に合わせてロゴマークを変形したい
植木鉢の形状に合わせてロゴマークを変形させて転写シートを作成したい。	
<p>対 応</p> <p>逆円錐台型の一般的な形状の植木鉢の側面に合わせて、自然に見えるようにロゴマークを変形させて、転写シートを作成したいとの相談を受けた。Adobe Illustrator のエンベロープを利用することで、ロゴマークの逆円錐台型への変形に対応することができた。</p>	

## 2. 試験・分析

### (1) 開放試験機器の提供

新製品の開発や生産技術の改良などに必要な試験分析機器を開放し、地域企業のものづくり活動に利用していただいております。令和3年3月31日現在で、300種余りの設備機器が利用でき、利用時には、職員が試験分析機器の操作方法の説明や分析方法・データ解析方法の相談に応じております。

#### A 栗東

<令和2年度設備機器利用状況>

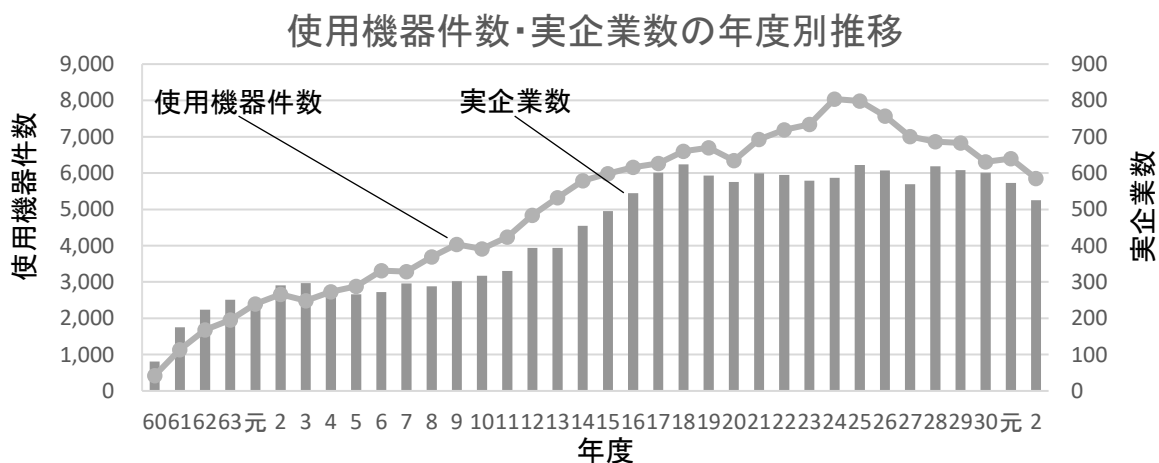
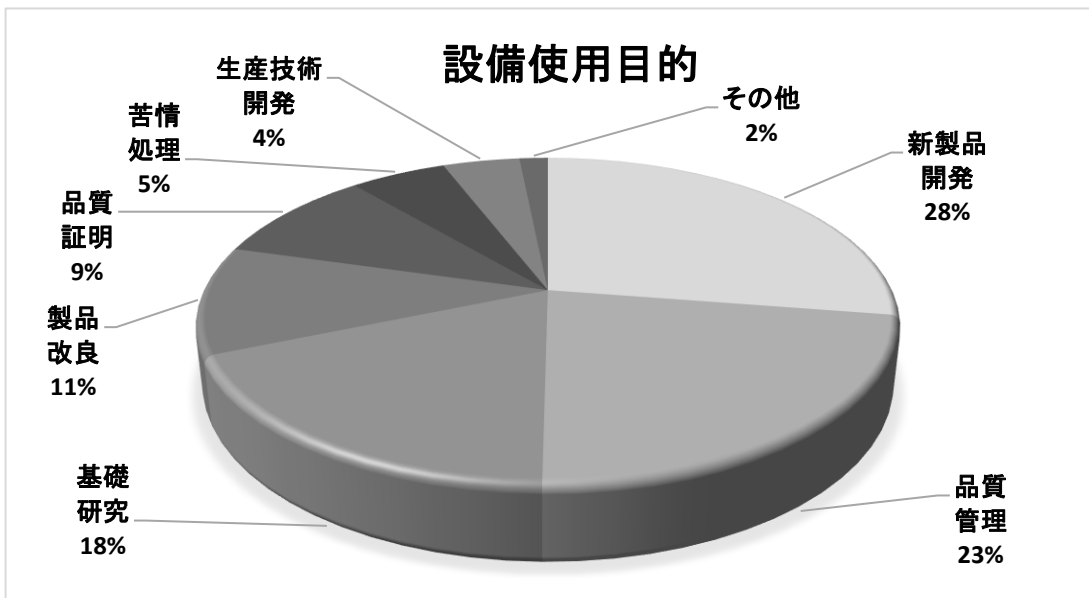
使用機器件数	5,853 件
延使用時間数	45,585 時間
実企業数	525 社

使用目的別件数

使用目的	新製品開発	品質管理	基礎研究	製品改良	品質証明	苦情処理	生産技術開発	その他	合計
件数	1,607	1,332	1,080	631	549	312	250	92	5,853
	27.5%	22.8%	18.5%	10.8%	9.4%	5.3%	4.3%	1.6%	

主な利用機器

No	令和2年度		平成23年度～令和2年度	
	機器名	件数	機器名	件数
1	万能材料試験機 (50 k N)	320	赤外分光光度計 (F T - I R)	5,073
2	マイクロフォーカスX線透視装置	274	走査型電子顕微鏡	3,751
3	前処理装置	268	S E M用分析装置	3,362
4	赤外分光光度計 (F T - I R)	221	前処理装置	2,700
5	大変位振動衝撃試験機	197	万能材料試験機 (50 k N)	2,517
6	電子天びん	196	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	2,486
7	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	173	イオンコーティング装置	2,067
8	走査型電子顕微鏡	164	電子天びん	1,852
9	熱分析装置	157	熱分析装置	1,730
10	イオンコーティング装置	147	三次元測定機	1,671
11	I C P発光分析装置	146	I C P発光分析装置	1,575
12	S E M用分析装置	140	放射電磁界測定システム	1,269
13	三次元測定機	121	電波暗室	1,196
14	顕微鏡システム	121	大変位振動衝撃試験機	1,178
15	電波暗室	115	マイクロフォーカスX線透視装置	1,113
16	放射電磁界測定システム	113	X線光電子分光分析装置	972
17	試料研磨機	101	振動試験機	967
18	X線光電子分光分析装置	88	熱分析ガスクロマトグラフ質量分析装置	938
19	ガス透過率測定装置	84	万能材料試験機 (500 k N)	918
20	高速X線回折装置	78	非接触三次元測定機	904



参考 年度別使用機器件数・延使用时间数・実企業数（実企業数は、各年度末時点で集計した件数）

年度	使用機器件数	延使用时间数	実企業数
S60	422	1,721	81
S61	1,137	6,991	175
S62	1,685	10,529	224
S63	1,952	14,825	251
H元	2,399	17,066	250
H2	2,656	23,003	291
H3	2,487	19,135	297
H4	2,733	19,502	265
H5	2,884	21,006	266
H6	3,311	26,447	272
H7	3,287	18,338	296
H8	3,694	22,061	288
H9	4,032	25,194	302
H10	3,909	24,357	317
H11	4,239	27,485	330
H12	4,834	30,501	394
H13	5,324	28,025	394
H14	5,791	30,028	455
H15	5,987	32,418	495

年度	使用機器件数	延使用时间数	実企業数
H16	6,157	36,821	545
H17	6,267	34,083	601
H18	6,598	39,626	624
H19	6,696	37,672	593
H20	6,348	37,937	575
H21	6,927	36,664	599
H22	7,191	39,792	595
H23	7,343	36,301	579
H24	8,038	46,119	587
H25	7,983	61,288	622
H26	7,574	51,076	607
H27	7,009	56,241	569
H28	6,865	50,115	619
H29	6,833	41,453	608
H30	6,307	44,809	601
R元	6,398	44,530	573
R2	5,853	45,585	525
合計	179,150	1,138,744	-

## B 信楽

### 主な利用機器

No.	令和2年度		平成23年度～令和2年度	
	機器名	件数	機器名	件数
1	粒度分析装置	100	粒度分析装置	1374
2	走査型電子顕微鏡	88	走査型電子顕微鏡	923
3	S E M用元素分析装置	77	前処理装置	878
4	前処理装置	64	S E M用元素分析装置	744
5	シリコニット電気炉	51	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	540
6	電子天びん	50	電子天びん	488
7	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	41	乾燥機	328
8	振動フルイ	35	シリコニット電気炉	316
9	スラブローラー	29	電気炉9キロワット素焼	276
10	粒子径分布測定システム	29	電気炉9キロワット本焼	244
11	電気炉9キロワット素焼	26	サンドブラスター	226
12	熱分析装置	22	熱分析装置	219
13	電気炉20キロワット素焼	21	万能材料試験機（5 k N）	209
14	卓上CNCフライス旋盤	19	振動フルイ	199
15	遊星ポットミル	18	ガス窯0.4立方メートル本焼燃料費	198
16	マッフル雰囲気炉	18	ガス窯0.4立方メートル本焼	196
17	電気炉9キロワット本焼	18	ポットミル回転台	188
18	X線回折装置	16	電気炉20キロワット素焼	181
19	ガス窯0.4立方メートル本焼	16	X線回折装置	179
20	ガス窯0.4立方メートル本焼燃料費	16	スラブローラー	156
			ガス吸着量測定装置	156

参考 年度別使用機器件数・延べ使用時間数・実企業数  
(実企業数は、各年度末時点で集計した件数)

年度	使用機器件数	延使用時間数	実企業数
18	761	1,890	140
19	849	1,783	160
20	940	1,798	169
21	1180	2,372	173
22	967	1,922	176
23	914	1,738	166
24	1103	2,313	204
25	1,003	2,241	195
26	1,368	3,674	195
27	1,528	3,762	205
28	1,374	3,067	229
29	1,263	2,657	211
30	1,195	3,261	190
元	1,202	3,111	221
2	1,097	2,763	192
合計	16,744	38,352	-

## (2) 依頼試験分析

材料や製品などの成分分析や各種試験について、特に公的機関の証明が必要な場合等に対応するため、企業や団体から依頼を受け分析や測定を行っています。これらの業務に迅速的確に対応できるよう試験機器の整備を図るとともに、試験方法について新しい技術の習得に努めています。

### A 栗東

#### <令和2年度依頼試験分析実施状況>

区分	項目	件数	単位数	単位名
材料試験	強度試験	18	177	試料
定量分析	成分	1	6	成分
デザイン指導	デザイン指導	10	90	時間
合 計		29	273	

#### 年度別依頼試験分析実施件数・単位

#### 件数（単位数）

年 度	電 気 電子試験	材料試験	精密計測	環境試験	化学分析	食品物性 微生物試験	デザイン 指 導	その他	合 計
S60	-	16(45)	1(16)	12(21)	20(202)	5(11)	-	7(9)	61(304)
S61	10(39)	63(252)	-	33(2,457)	119(784)	14(45)	-	11(23)	250(3,600)
S62	-	38(170)	1(10)	8(168)	45(491)	15(47)	-	1(1)	108(887)
S63	6(31)	58(202)	-	31(714)	51(433)	9(29)	-	16(45)	171(1,454)
H1	2(83)	72(258)	1(4)	28(421)	42(430)	5(10)	3(106)	18(60)	171(1,372)
H2	7(22)	68(277)	-	18(111)	38(244)	1(2)	7(193)	19(47)	158(896)
H3	12(80)	42(146)	4(27)	23(74)	22(201)	2(9)	7(142)	10(27)	122(706)
H4	8(16)	40(220)	-	11(68)	29(176)	2(4)	6(186)	11(15)	107(685)
H5	17(683)	79(476)	-	33(169)	23(117)	1(4)	9(218)	18(117)	180(1,784)
H6	15(64)	35(83)	-	17(75)	14(93)	-	11(227)	3(3)	95(545)
H7	10(57)	39(269)	1(1)	33(484)	17(124)	-	4(114)	5(10)	109(1,059)
H8	4(31)	39(219)	-	11(42)	17(119)	-	3(64)	6(8)	80(483)
H9	6(71)	46(212)	-	7(313)	7(70)	-	4(67)	7(7)	77(740)
H10	1(4)	20(105)	-	18(127)	8(53)	1(2)	2(13)	1(2)	51(306)
H11	2(3)	37(295)	-	12(55)	5(46)	-	2(4)	2(3)	60(406)
H12	1(10)	27(202)	1(10)	3(26)	7(58)	-	3(55)	2(4)	44(365)
H13	-	32(197)	-	1(2)	15(82)	-	1(1)	1(1)	50(283)
H14	-	39(493)	2(40)	-	6(46)	-	7(62)	4(6)	58(647)
H15	1(10)	32(152)	2(35)	3(7)	2(17)	-	5(28)	3(3)	48(252)
H16	-	32(139)	-	3(13)	-	-	7(182)	1(4)	43(338)
H17	-	24(96)	-	6(89)	5(35)	-	5(79)	-	40(299)
H18	-	36(153)	-	-	5(31)	-	6(92)	1(2)	48(278)
H19	-	46(396)	-	3(3)	2(125)	-	2(9)	3(3)	56(536)
H20	1(2)	64(833)	-	2(10)	15(211)	-	2(27)	13(15)	97(1,098)
H21	-	32(273)	-	9(23)	8(123)	-	2(65)	3(3)	54(487)
H22	2(12)	40(358)	-	6(18)	13(166)	-	4(26)	2(2)	67(582)
H23	1(1)	31(250)	-	15(34)	29(125)	-	20(118)	-	96(528)
H24	-	16(95)	-	39(229)	7(44)	-	41(392)	-	103(760)
H25	-	36(1,265)	-	20(92)	-	-	57(541)	-	113(1,898)
H26	-	27(908)	-	23(220)	2(23)	-	56(454)	-	108(1,605)
H27	-	30(557)	-	-	-	-	52(449)	-	82(1,006)
H28	-	30(240)	-	-	-	-	49(361)	1(1)	80(602)
H29	1(1)	31(144)	-	-	-	-	45(640)	3(3)	80(788)
H30	-	17(159)	-	-	3(59)	-	22(361)	-	42(579)
R1	-	14(104)	-	-	3(14)	-	21(275)	2(2)	40(395)
R2	-	18(177)	-	-	1(6)	-	10(90)	-	29(273)
計	107 (1,220)	1,346 (10,420)	13 (143)	428 (6,065)	580 (4,748)	55 (163)	475 (5,641)	174 (426)	3,178 (28,826)

## B 信楽

### <令和2年度依頼試験分析実施状況>

試験名称	件数	単位数	単位
デザイン指導	15	35	時間
曲げ強度試験	1	5	試料
オートクレーブ試験	2	17	試料
耐薬品試験	3	70	試料
吸水率試験	1	1	試料
熱衝撃試験	4	20	試料
比重測定	1	1	試料
定性分析	4	7	全成分
Pb、Cdの溶出試験	12	24	試料
成績書の英文作成	2	3	通
合計	45	183	

### 年度別依頼試験分析実施件数・単位数

年度	件数	単位数
H23	41	109
24	19	31
25	49	128
26	27	90
27	40	150
28	42	237
29	19	63
30	37	91
R1	37	218
R2	45	183

### (3) 生産品受払

当センターの研究開発品等を県内企業に提供し、滋賀県独自のものづくりに貢献しています。時代の流れに即応するため、研究開発を通じ、品種改良、改善を図っていきます。

#### <令和2年度生産品受払状況>

##### ■ 清酒

生産品	受払件数	単位
滋賀県酵母 A	7	14
滋賀県酵母 B	3	3
滋賀県酵母 D	7	30
滋賀県酵母 E	5	16
合計	22	63

※ 滋賀県酵母E：令和2年度より分譲開始

#### 参考 年度別生産品受払件数・単位・実企業数

年度	件数	単位	実企業数
H23	21	67	9
24	26	88	9
25	28	95	9
26	24	75	7
27	21	80	7
28	13	62	5
29	18	71	6
30	4	14	2
R1	9	26	3
R2	22	63	3

### 3. 研究開発・産学官連携

当センターでは、令和2年3月に改訂された「滋賀県産業振興ビジョン」に基づき、産学官連携体制の構築と創造型・自律型産業構造への転換を図ることを目的に重点研究および経常研究を実施しています。また、組織目標「産学官連携による新技術開発の促進」に基づき産学官の連携による共同研究を実施しています。

#### (1) 重点・経常研究

##### 重点研究

研究テーマ	担当者
「近江の地酒」の酒質向上に向けた小規模試験醸造による実証研究	岡田 俊樹、川島 典子
窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発	神屋 道也、植西 寛、 坂山 邦彦、西尾 俊哉、 中島 孝
金属 3D プリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 － 材料開発技術の高度化の検討 および 形状造形技術の高度化の検討 －	斧 督人、柳澤 研太、 今田 琢巳

##### 経常研究

研究テーマ	担当者
製品動作音の音質評価技術に関する研究	平野 真
固体電解質向け交流インピーダンス測定技術の高度化に関する研究	山本 典央
ファインバブルクーラント液を用いた機械加工に関する研究	今田 琢巳
高分子複合材料の物性向上に関する研究 － CNF による生分解性プラスチック補強の検討 －	大山 雅寿
タンパク質の構造状態を評価するための測定技術の開発	白井 伸明、岡田 俊樹
カーボン量子ドットの蛍光特性に関する研究	山田 雄也
蓄電デバイスの評価技術の検討 － 内部抵抗評価およびその活用について －	田中 喜樹、山本 典央
プラズマを用いた窒化炭素系金属表面処理技術の開発	佐々木 宗生
炭素系ナノ繊維の精製技術の開発	安達 智彦
3D プリンタの活用方法の調査	山下 誠児
「近江の地酒」の酒質分析に関する研究 － 「近江の地酒」と「全国の地酒」の酒質分析 －	川島 典子、岡田 俊樹
生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたセラミックスの開発研究	植西 寛
信楽焼坪庭製品の市場開拓に向けた開発研究	高畑 宏亮、中島 孝、 野上 雅彦、西尾 隆臣
コンピュータシミュレーションを活用した陶製品開発	野上 雅彦



(2) 共同研究

	研究機関名	区分		共同研究テーマ	予定研究期間	担当
1	企業1社	新規	産官	世界初・銀ナノインクアンテナを有する感熱紙印字タイプRFIDタグの研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R2. 8. 11～R5. 3. 31	佐々木 宗生 山本 典央 大山 雅寿 安達 智彦 田中 喜樹 山田 雄也
2	企業1社	新規	産官	次世代パワー半導体用SiC（炭化ケイ素）基板に潜在する通電拡張型欠陥の可視化及び、製品の高信頼性化を実現する高速AI抽出によるスクリーニング技術の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R2. 7. 13～R5. 3. 31	佐々木 宗生 今道 高志 安達 智彦 田中 喜樹 山田 雄也
3	企業1社	新規	産官	独自の熱膨張層による多段階伝熱コントロール技術でリチウムイオン二次電池の安全性を高める革新的伝熱コントロール材料の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R2. 8. 17～R5. 3. 31	大山 雅寿 白井 伸明 中島 啓嗣
4	企業1社	新規	産官	新規負極材料を用いた高容量リチウムイオン電池の開発	R2. 4. 1～R3. 4. 31	田中 喜樹 佐々木 宗生 山田 雄也
5	滋賀県立大学	新規	学官	新規ゲル材料の各種物性改質に関する研究	R2. 4. 1～R3. 3. 31	大山 雅寿 中島 啓嗣
6	滋賀県立大学	新規	学官	CNFを用いたプラスチック複合材料の物性向上に関する研究	R2. 4. 1～R3. 3. 31	大山 雅寿 中島 啓嗣 中居 直浩
7	滋賀県立大学 東北部工業技術センター	新規	学官	新規高分子系ブレンド材料および複合材料等の各種物性改質に関する研究	R2. 4. 1～R3. 3. 31	大山 雅寿 木村 昌彦 斧 督人 柳澤 研太 中島 啓嗣 中居 直浩 安達 智彦 田中 喜樹 山田 雄也
8	龍谷大学 滋賀県立大学	新規	学官	金属3D造形技術の高度化に関する研究	R2. 9. 1～R5. 3. 31	斧 督人 柳澤 研太 今道 高志 今田 琢己
9	東北部工業技術センター 企業1社	新規	産官	マクロモノマー法を用いた高性能二次電池向け負極バインダーの開発	R2. 4. 1～R4. 3. 31	田中 喜樹 佐々木 宗生 中島 啓嗣 山田 雄也
10	企業1社	新規	産官	単結晶固体電解質を用いたインピーダンス測定標準試料の開発	R2. 8. 3～R6. 3. 31	山本 典央
11	企業1社	新規	産官	琵琶湖水草を活用したガラス工芸材料の試作開発研究	R2. 12. 1～R4. 3. 31	植西 寛
12	龍谷大学 企業1社	新規	産学官	文化財保全のための美観性と不燃性を備えた漆調木工用塗料の開発 【滋賀県中小企業新技術開発プロジェクト】	R2. 10. 1～R4. 3. 31	白井 伸明 大山 雅寿 中島 啓嗣
13	産業技術総合研究所	新規	官官	生分解性試料の実海域浸漬試験の実施とその生分解および物性評価試験 【NEDO 海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業】	R2. 10. 20～R5. 2. 28	大山 雅寿 中島 啓嗣
14	企業1社	継続	産官	滋賀県オリジナル清酒醸造用酵母の開発にかかる実地試験醸造	R2. 1. 10～R3. 3. 31	岡田 俊樹 川島 典子
15	龍谷大学 企業1社	継続	産学官	プラズマ窒化処理による新規炭素材料の創生と応用研究	R1. 11. 8～R3. 3. 31	佐々木 宗生
16	企業1社	継続	産官	グラファイト粉末のプラズマ窒化処理による新規磁性材料の創生と応用研究	R1. 10. 31～R3. 3. 31	佐々木 宗生
17	企業1社	継続	産官	清酒醸造用酵母の醸造特性評価と新製品開発	R1. 10. 1～R3. 3. 31	岡田 俊樹 川島 典子

18	企業1社	継続	産官	ゆるみ止めワッシャの開発に関する研究	R1. 10. 1～R3. 3. 31	柳澤 研太
19	企業1社	継続	産官	滋賀県オリジナル清酒醸造用酵母の開発	R1. 10. 1～R3. 3. 31	岡田 俊樹 川島 典子
20	立命館大学 企業2社	継続	産学 官	IoTのためのテーラードセンサー技術開発とその製造業への応用 【滋賀県次世代技術リーディングプロジェクト構築事業】	R1. 7. 12～R3. 3. 31	山下 誠児 岡田 俊樹 川島 典子
21	関西大学 東北部工業技術センター 企業1社	継続	産学 官	世界一の超低NOx・低CO2高運転効率を実現するAI運転制御機能付SDGs達成小型蒸気ボイラ(スーパー10JAFIボイラ)の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R1. 7. 4～R4. 3. 31	佐々木 宗生 所 敏夫
22	公立大学法人大阪 龍谷大学 東北部工業技術センター 企業1社	継続	産学 官	ガラス樹脂基板材料による多ピン・狭ピッチ半導体デバイス検査対応の高アスペクトスルホール形成技術の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R1. 7. 3～R4. 3. 31	今田 琢巳
23	企業1社	継続	産官	大型植木鉢の製造技術に関する開発研究	R1. 6. 1～R3. 1. 31	中島 孝 野上 雅彦 高畑 宏亮
24	企業1社	継続	産官	粘膜貼付フィルム製品の上市に向けた研究	H31. 4. 1～R4. 3. 31	中居 直浩 白井 伸明 中島 啓嗣 大山 雅寿 大山 雅寿
25	企業1社	継続	産官	バイオアパタイトを活用した陶磁器製品の開発研究	H31. 1. 4～R4. 3. 31	植西 寛
26	企業2社	継続	産官	あおばな色素の安定で高品質な工業的生産技術に関する研究開発	R2. 10. 1～R4. 3. 31	白井 伸明
27	企業1社	継続	産官	極限環境でも高強度と耐衝撃性を持続する世界初の革新的FRP素材の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	H30. 8. 1～R3. 3. 31	中島 啓嗣 白井 伸明 大山 雅寿 佐々木 宗生
28	企業1社	継続	産官	リチウムイオン電池の高容量化・長寿命化に寄与する超薄片化黒鉛を用いた画期的な導電ペーストの研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	H30. 8. 1～R3. 3. 31	田中 喜樹 佐々木 宗生 山本 典央
29	企業1社	継続	産官	世界初の新超硬素材を使用した高剛性・長寿命・リサイクル可能なダイヤモンド電着工具の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	H30. 8. 1～R3. 3. 31	今道 高志 今田 琢巳 斧 督人 柳澤 研太 佐々木 宗生
30	龍谷大学 企業2社	継続	産学 官	セラミックス製高精度ステーターを用いた次世代二次電池電極塗工用ポンプの開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	H30. 8. 1～R3. 3. 31	今田 琢巳 田中 喜樹
31	企業1社	継続	産官	多孔質ガラス素地を用いた製品の開発研究	H29. 10. 1～R3. 3. 31	植西 寛
32	龍谷大学 企業1社	継続	産学 官	ファインバブルクーラント液を用いた機械加工に関する研究	H29. 9. 1～R4. 3. 31	今田 琢巳
33	龍谷大学 東北部工業技術センター 企業2社	継続	産学 官	マイクロエンドミル工具を用いた微細金型加工技術の高度化に関する研究	H28. 4. 1～R4. 3. 31	今田 琢巳 柳澤 研太
34	企業1社	継続	産官	ブルーベリー果実からの有用微生物の分離と利用に関する研究	H27. 5. 1～R4. 3. 31	白井 伸明 岡田 俊樹
35	滋賀医科大学	継続	学官	新規化合物の作成によるMRイメージング等の画像診断技術、体外診断技術、および治療効果確認に関する基礎研究および応用研究	H27. 4. 1～R4. 3. 31	白井 伸明
36	企業1社	継続	産官	全固体電池・燃料電池向け固体電解質の交流インピーダンス測定治具・システムの開発	H26. 8. 10～R2. 7. 31	山本 典央 田中 喜樹 平野 真 佐々木 宗生

### (3) 研究発表等

#### 1. 学会誌等発表

発表題名	学会誌等	発表者
Study on Grinding of Hypocycloid-Curved Rotor Made of Alumina Ceramics with a Small-Diameter Ball-End Electroplated Diamond Grinding Wheel	International Journal of Automation Technology, Vol.15, No.1, (2021) pp.89-98	T. Imada et al.
Keto form of curcumin derivatives strongly binds to A $\beta$ oligomers but not fibrils	Biomaterials, Vol. 270, 120686,(2021)	N. Shirai, K. Hirao, et al.
Design of Hydrogels with Thermoresponsive Crosslinked Domain Structures via the Polymerization-Induced Self-Assembly Process and Their Thermoresponsive Toughening in Air	Macromolecules 2021, 54, 4, 1732-1741	M.Oyama et al.
Multiair Star-Crosslinked Hydrogel: Polymer Network with Thermoresponsive Free-End Chains Densely Connected to Crosslinking Points	Macromol. Rapid Commun., 2021, 42, 2000558	M.Oyama et al.
信楽の窯業試験場 人と物を作る交流拠点	甲賀の昭和 樹林舎	川澄一司

#### 2. 学会等研究発表

発表題名	主催機関・名称	会場	年月日	発表者
水中高温RAFT重合による架橋ドメイン構造を持つヒドロゲルの設計と空気中における感温力学特性	第69回高分子学会年次大会	(書面)	R2. 5. 27 ~29	大山雅寿 他
コア架橋型温度応答性多分岐星型ポリマーが架橋点として均一に組み込まれたヒドロゲルの合成と応答特性	第69回高分子学会年次大会	(書面)	R2. 5. 27 ~29	大山雅寿 他
LIGHT ENVIRONMENT DESIGN SUPPORT SYSTEM USING LIGHT-GUIDING PLATE WITH DECORATIVE CUT SURFACE: EFFECTS OF STRIPE PATTERN DECORATIVE CUTTING ON PLATES MADE FROM TRANSPARENT RESIN	Proceedings of the JSME 2020 Conference on Leading Edge Manufacturing/Materials and ProcessingLEMP2020	Cincinnati, OH, USA (オンライン開催)	2020. 7. 2 2-26	Takumi Imada et al.

須恵器と土師器の粘土採取地に関する基礎研究（ポスター発表）	日本文化財科学会 第37回大会	（オンライン開催）	R2. 9. 5 ～13	安達智彦 神屋道也 他
空气中で熱応答して力学特性を変化するヒドロゲル：水中高温RAFT重合によるドメイン構造誘起形成に基づく機能化	第69回高分子討論会	（オンライン開催）	R2. 9. 16 ～18	大山雅寿 他
固体電解質のインピーダンス測定に及ぼす要因 2	電気化学会 電池技術委員会 第61回電池討論会	（オンライン開催）	R2. 11. 18 ～20	山本典央 他
固体電解質の測定に向けた広い周波数帯域でのインピーダンス測定について	技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（LIBTEC）インピーダンス測定に関する技術講演	技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター セミナールーム	R2. 12. 2	山本典央
高密度に刺激応答性自由末端鎖が結合した架橋構造を持つヒドロゲルの設計	第32回高分子ゲル研究討論会	（オンライン開催）	R3. 1. 21 ～22	大山雅寿 他

### 3. 産業技術連携推進会議等発表

発表題名	主催機関・名称	会場	年月日	発表者
滋賀県工業技術総合センターと金属3Dプリンタの紹介	産業技術連携推進会議 製造プロセス部会 精密微細加工分科会 第1回 積層造形研究会	草津市民交流プラザ	R2. 11. 13	斧 督人
生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたセラミックスの開発研究	産業技術連携推進会議 近畿地域部会 セラミックス分科会 第24回 窯業研究会	（書面開催）	R2. 12. 24	植西 寛

#### 4. 展示会

展示会等名称	出展内容	会場	日程
「2020青少年のための科学の祭典」滋賀大会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スマートフォンやタブレットの拡大鏡アプリで身近なものを観察してみよう！</li> <li>・音の響かない部屋でいろいろな音を聞いてみよう！</li> <li>・樹脂3Dプリンタによる造形</li> <li>・金属3Dプリンタって何だろう？</li> <li>・顕微鏡でのぞくミクロの世界</li> <li>・何かからできる信楽焼？</li> </ul>	(オンライン開催・動画配信)	R2. 10. 14～ R3. 3. 31
滋賀県立大学 工学部バーチャル研究交流会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DED方式金属3Dプリンタによる積層造形</li> <li>－粉末DED方式による複合材料開発と積層造形技術－</li> </ul>	(オンライン開催・ポスター)	R2. 11. 16～ R2. 12. 31
(国研)産業技術総合研究所、(地独)大阪産業技術研究所、関西広域連合他3機関 産業技術支援フェア in KANSAI 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固体電解質向けインピーダンス測定システム</li> <li>・DED方式金属3Dプリンタによる積層造形</li> <li>－粉末DED方式による複合材料開発と積層造形技術－</li> <li>・プラズマを用いた炭素材料の窒化技術</li> </ul>	(オンライン開催・ポスター)	R2. 11. 27 ～ 12. 18

#### 5. その他職員派遣

派遣先	講座名等	年月日	派遣者
京都陶磁器研究会 (地方独立行政法人京都市産業技術研究所)	NHK連続テレビ小説「スカーレット」への陶芸技術指導と産地振興	R2. 11. 18	高畑宏亮

#### <表彰・感謝状>

- ・安達智彦、神屋道也 他5名  
日本文化財科学会 第14回ポスター賞 (R2. 10. 14)  
[業績] 須恵器と土師器の粘土採取地に関する基礎研究

#### (4) 重点研究の評価委員会

当センターおよび東北部工業技術センターでは、商工観光労働部試験研究機関研究推進指針（平成11年3月制定）に基づき、重点研究の内容についての部内評価委員会、外部評価会議を開催し、新規の研究企画および終了した研究内容に対するアドバイスをいただいています。

##### 1. 部内評価委員会

- ・研究企画

水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発  
～バリア機能と機械特性の向上～

山田 雄也、田中 喜樹、安達 智彦、○佐々木 宗生

- ・研究終了

水生植物からのセルロースナノファイバー創製と複合材料化に関する研究  
大山 雅寿、(○白井 伸明)

開催日	令和2年7月29日（金）滋賀県大津合同庁舎 7-D議室	
委員 (敬称略)	笹井 仁治	商工観光労働部・次長
	小川 栄司	商工観光労働部・技監
	中村 達也	商工政策課・課長
	飯田 朋子	モノづくり振興課・課長
	那須 喜一	モノづくり振興課・参事
	川澄 一司	工業技術総合センター 信楽窯業技術試験場・場長
	山中 仁敏	東北部工業技術センター・所長
	三宅 肇	東北部工業技術センター・参事

## 2. 外部評価会議

### ・研究企画

水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発  
～バリア機能と機械特性の向上～

山田 雄也、田中 喜樹、安達 智彦、○佐々木 宗生

### ・研究終了

水生植物からのセルロースナノファイバー創製と複合材料化に関する研究  
大山 雅寿、(○白井 伸明)

開催日	令和2年10月16日(金) 滋賀県大津合同庁舎 6-A会議室	
委員 (敬称略)	山根 浩二	滋賀県立大学 工学部 教授(機械)
	和田 隆博	龍谷大学 先端理工学部 教授(無機化学)
	亀井 且有	立命館大学 情報理工学部 教授(情報)
	石川 泰史	成安造形大学 空間デザイン領域 教授(デザイン)
	中村 徳幸	国立研究開発法人 産業技術総合研究所関西センター 研究業務推進部 審議役
	西村 清司	高橋金属株式会社 G&G推進部 技術開発担当参事役(欠席)
	森内 幸司	株式会社アイ.エス.ティ 研究開発部 主幹部員
	月瀬 寛二	公益財団法人 滋賀県産業支援プラザ 常務理事

外部評価会議で出された指導改善事項、総評について以下に示します。

水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発 ～バリア機能と機械特性の向上～	・・・研究企画
指導改善事項	
<p>① 研究の初期段階から企業が参画して、常にニーズを考えながら研究を進めた方が良い。</p> <p>② 現在の企業の技術レベルと国際標準化にはレベル差がある。</p> <p>③ 技術移転は成膜関連会社か。</p> <p>④ 「低温で基材にやさしい成膜方法の開発」はニーズがあるのか。</p> <p>⑤ 「基材にやさしい」の具体的な目標値は？水素透過係数や摩擦係数との関係。</p> <p>⑥ 目標値のスゴさのアピールをもっと強くすると、より良かったと思います。</p>	
総評	
<p>① 研究内容、計画ともに適切であるので推進すべきである。</p> <p>② 独自の評価方法を考案されることを期待する。</p> <p>③ 水素関連、環境によい→滋賀県らしい</p> <p>④ 県内企業だけでない世界・国内の技術レベルについて詳しい調査が必要ではないか。</p> <p>⑤ 水素透過係数等の目標値と材料とのコストバランスに留意する必要がある。</p> <p>⑥ 滋賀県企業ニーズからのR&amp;Dであり必要性や即効性が高いと感じました。多く企業と連携されるようなので、人員強化も期待します。</p> <p>⑦ 高機能なカーボン薄膜を開発し評価技術を確立する研究の取組は、開発した薄膜が摺動部材等に活用されることが期待されるだけでなく、評価技術の高度化に大きく貢献すると思います。</p> <p>⑧ 水素は、カーボンフリーなエネルギーとして、急激な市場の伸びが予測されています。しかしながら、実用化に向けての技術的難易度が高いだけでなく、技術開発競争が激しく進展も早いと考えられますので、積極的にチャレンジしシーズの蓄積を図ってください。</p>	

水生植物からのセルロースナノファイバー創製と複合材料化に関する研究・・・研究終了

指導改善事項

- ①出願や論文発表を行うべきであった。
- ②企画書では「可能性があれば特許を目指す」とあるが、申請はできたのか。
- ③複合化において、樹脂の特性を失わない、または向上させる視点が必要ではないか。

総評

- ①コスト面の解決は必要であるが、今後、得られた知見の展開や他のシステムとの複合化によりコスト面が解決できると思われる。
- ②行政課題解決型の研究テーマに取組として十分に意味があったと思われる。
- ③研究テーマは滋賀県（琵琶湖の県）らしく興味深い。
- ④ 行政課題としては意味があると思います。
- ⑤ 概ね計画は達成できているもの思慮される。
- ⑥コストの面で実用化へは課題が残っているものの、レジ袋への材料提供などエコ的な側面からの貢献も期待されるではないか。
- ⑦滋賀県の地域に則し、かつ、原材料の安定性が高くサステナブルな素晴らしい研究開発である。さらなるアピールと実用化を期待している。
- ⑧ 製法特許を出願せず、ノウハウとしていることに賛成。
- ⑨社会的課題解決に資する点や、性能面での優位性などのプラス面によって、コストのマイナス面をカバーできるよう今後の研究の発展に期待します。



## (5) 研究会活動の推進

### 1. 滋賀材料技術フォーラム

当フォーラムは材料技術の向上と関連産業の振興等を目的として、材料関連メーカーとユーザー、および大学・公設試等が各種の情報を交換し、相互の連携を図るために産・学・官が一体となって運営されている組織です。

令和2年度は新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、事業回数を減らし、次の研修会等を実施しました。

月日	事業名	事業内容	参加者	会場
10月9日	第33回FC関連団体連絡協議会交流会議 地域賞表彰式 （[関西]高機能セラミックス展）	内容：日本ファインセラミックス協会 令和元年度地域賞表彰式 滋賀材料技術フォーラム副会長 日本電気硝子株式会社 高木雅隆氏	事務局 受賞者	インテックス大阪
11月13日	第33回FC関連団体連絡協議会交流会議	内容：協議会決算・予算 各研究会の活動状況紹介	事務局	Web会議
1月15日	第113回運営委員会	議題：令和元年度事業報告（案）・決算報告（案）、 令和2年度会運営に関する特別措置について、 令和2年度事業計画（案）・令和2年度予算（案）、 役員・運営委員の改選について	—	書面開催
1月21日	令和2年度総会	議題：令和元年度事業報告（案）・決算報告（案）、 令和2年度会運営に関する特別措置について、 令和2年度事業計画（案）・令和2年度予算（案）、 役員・運営委員の改選について	—	書面開催
2月19日	第83回研修会 （技術研修） （工業技術総合センター 一技術講習開 催）	内容：センター導入機器 （電界放出型走査型電子顕微鏡等）の原理と 実用事例の紹介および実習 場所：工業技術総合センター 対面講義・実習とWeb配信	講義 42名 実習 36名	当センター Web開催

### 2. デザインフォーラム SHIGA (DFS)

工業技術総合センターおよび東北部工業技術センターのデザイン担当者と、県内デザイン系大学および県内デザイン関連事業所による相互の交流と技術力の向上を図り、併せて県下のデザイン産業の振興を目的として、平成8年に組織化しました。現在の会員数は、個人会員13名、法人会員3社の計16名となっています。

#### <活動内容>

令和2年度は、新型コロナウイルス感染防止の観点から、例年開催している見学会・交流会等は中止となりました。

令和3年3月、事務局より収支報告をしました。

### 3. 滋賀県品質工学研究会

本研究会は、産学官が連携して品質工学による技術開発の研究およびその普及を図り、滋賀県および周辺地域産業の振興に寄与することを目的とし、地域企業の技術開発能力の向上、複合要因の絡む技術的課題の解決、品質の向上とコストの低減、異業種間の技術交流等の事業を実施しています。

令和2年度は、新型コロナウイルスの影響でオンラインを中心に、月1回の定例会を開催しました。

実施日	事業名	事業内容	出席者	場所
4月21日	令和2年度総会 品質工学特別講演会 (兼 第310回定例会)	令和元年度事業&決算報告、監査報告 令和2年度事業計画、予算、役員会員異動 講演会は中止とした。	25名に 配信	総会資料を メール配信
5月19日	第311回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議	15名	オンライン
6月16日	第312回定例会	基礎学習会 会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議 ・品質工学誌掲載の論文紹介	6名 11名	センター
7月21日	第313回定例会	基礎学習会 会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議	4名 9名	センター
8月18日	第314回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議	10名	オンライン
9月15日	第315回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議 ◆ミニセミナー「品質工学で品質とコストの バランスをとる」: 講師・芝野 広志氏 (TM実 践塾)	12名	オンライン
10月20日	第316回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議 ・品質工学誌掲載の論文紹介	12名	オンライン
11月17日	第317回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議 ◆ミニセミナー「4年間の振り返りと価値創造 の取り組み」: 講師・鶴田 明三氏 (株ジェダイ ト)	16名	オンライン
12月15日	第318回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議 ◆ミニセミナー「MTシステムの活用、応用」: 講師・芝野 広志氏 (TM実践塾)	15名	オンライン
1月19日	第319回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議 ・品質工学誌掲載の論文紹介	15名	オンライン
2月16日	第320回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議	9名	オンライン
3月16日	第321回定例会	会員企業の取り組み等紹介事例、全体討議	13名	オンライン

#### 4. 滋賀県酒造技術研究会

県内の清酒製造業者の酒造技術および酒質の向上を図るため、平成13年6月に設立しました。本会は、清酒製造業者および関連する公設試などの機関で組織し、会員相互の研究・技術交流、市場情報の交換の場として勉強会、技術研修会を開催しています。

現在の会員数は、企業会員27社、公設試関係者10名（工業技術総合センター、農業技術振興センターの職員）です。

##### <活動内容>

令和2年度は次の研修会や情報交流会等を予定していましたが、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から事業等縮小しました。

実施日	事業名	事業内容（概要）	出席者数	場所
5月	第38回 運営企画委員会	令和元年度事業と決算報告および 令和2年度事業計画、予算案作成等	—	メール等開催
6月5日	第74回 例会	（開催中止）	—	—
6月5日	令和2年度 総会 （第20回）	書面表決書 令和元年度事業・会計報告 令和2年度事業・予算計画、役員の改正等	27社	—
8月	第75回 例会	（開催中止）	—	—
9月	第14回 滋賀地酒の祭典	一般参加による滋賀の地酒のきき酒と需要促進ピーアールイベント等を開催 滋賀県酒造組合主催、滋賀県酒造技術研究会主幹 （開催中止）	—	—
9月	第3回 滋賀地酒の祭典 IN 東京	一般参加による滋賀の地酒のきき酒と需要促進ピーアールイベント等を開催 滋賀県酒造組合主催、滋賀県酒造技術研究会主幹 （開催中止）	—	—
2月	第39回 運営企画委員会	令和2酒造年度新酒きき酒会の開催について協議	—	メール等開催
3月	新酒きき酒会 （第76回 例会）	令和2酒造年度新酒きき酒評価会 （開催中止）	—	—

・例会の開催は、研究会会員が部会に所属して各部会で研修内容等を計画し開催運営しています。

## 5. 滋賀3Dイノベーション研究会

センターでは、平成30年度に最新鋭の指向性エネルギー堆積法（DED方式）金属3Dプリンタ（三菱重工工作機械（株）製 型式LAMD A 200）を「生産性革命に資する地方創生拠点整備交付金」（平成29年度内閣府補正予算）により整備しました。

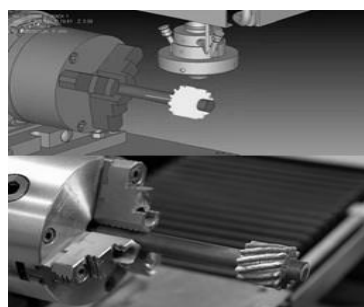
これを活用し、金属3Dプリンタなどを活用した3Dものづくりに関連する技術について、情報共有や先行試作などの活動を通じて、県内企業の3Dものづくり技術の向上を図ることを目的に、令和元年度、本研究会を設立し、活動を行っています。

令和2年度は、共同研究（『金属3D造形技術の高度化に関する研究』 共同研究者：センター、滋賀県立大学および龍谷大学の官学共同研究）および、次の研究会および関連講習会等を実施しました。

月日	事業名	事業内容	参加者	会場
11月13日	R2年度第1回 滋賀3Dイノベーション研究会	令和2年度産業技術連携推進会議 製造プロセス部会 精密微細加工分科会 第1回 積層造形研究会 講演会聴講  内容：講演 ○招待講演1：「粉体技術によるヘテロ構造シナジーが産み出す高性能材料」 講師：立命館大学工学部 教授 鮎山 恵 氏 ○招待講演2：「金属3D プリンタの技術動向と実用化の課題」 講師：三菱重工工作機械株式会社 取締役 二井谷 春彦 氏 ○一般公演：三次元積層造形に関わる産総研、全国公設試の報告講演	28名	フェリエ南草津およびWeb開催  ※その他、産総研・全国公設試約80名
1月29日	R2年度第2回 滋賀3Dイノベーション研究会	内容：報告 「金属3Dプリンタの造形パラメータの影響についてー特性におよぼす内部欠陥の影響と硬さ分布についてー」 担当：センター職員 個別相談会：研究会会員企業およびセンター	18名	当センターおよびWeb開催
1月29日	関連講習会 モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業『金属3Dプリンタ用CAMを用いた多軸造形』	内容：講習会 「金属3Dプリンタ用CAMを用いた多軸造形」 講師：株式会社C&Gシステムズ 執行役員 商品企画統括部長 小泉 哲 氏 見学：金属3Dプリンタ用CAMのデモンストレーション 担当：センター職員		



令和2年度第1回研究会の様子  
(フェリエ草津)



令和2年度第2回研究会  
上：CAMでの積層シミュレーション  
下：ロータリーテーブルを用いた造形サンプル

## 6. 屋上緑化用陶製品開発研究会

○会員数：企業 14・大学 1・公設試 1

屋上緑化用陶製品開発研究会では、平成 28 年度から信楽窯業技術試験場と信楽陶器工業協同組合が進める海外展開支援事業に参加し、東京農業大学名誉教授 近藤三雄氏の指導の下、信楽焼による坪庭製品「信楽坪庭」の開発を行ってきました。

今年度はコロナ禍による延期で 2021 年に開催される東京オリンピックに向け、近藤氏の提案により様々な競技場が集中する東京臨海副都心に施工された、おもてなしガーデン「夢の広場」に「信楽坪庭」で開発を行った信楽焼大型植木鉢やタイル等を追加設置しました。また次年度、日本を代表する公園「日比谷公園」の入り口にも、近藤氏の監修による和風モダンをイメージとした「信楽坪庭」が展示される予定となっています。



夢の広場（東京臨海副都心）

## 7. TEIBAN商品開発研究会

本研究会は平成28年6月、信楽焼産地および関連業界の定番商品の開発支援と振興に寄与することを目的として設立しました。会員相互の技術交流や勉強会、講演会、展示会等を実施しています。

今年度も専門家の指導のもと、ブランド構築や空間づくりの勉強会を4回開催しました。そして東京都市部におけるファンの獲得を目的に、松屋銀座において9月23日～10月6日の日程で、展示会「それぞれのTEIBAN、滋賀・三重」を、滋賀県から7社、三重県から4社の参加で開催しました。官民協働により参加企業個々のブランド化を図っています。



松屋銀座で開催した「それぞれのTEIBAN、滋賀・三重」

(6) 産業財産権

令和2年度末現在の保有状況は次のとおりです。

特許権 17件 (内、令和2年度中新規登録件数 1件)

名称	登録日	登録番号	発明者	備考	
栗東					
1	試料中のウイルスを検出する方法およびシステム	H23. 6. 10	4757103	白井伸明、岡田俊樹、他	
2	締結具	H22. 12. 10	4639291	藤井利徳、月瀬寛二*、他	
3	神経難病の画像診断薬	H25. 1. 25	5182747	白井伸明、岡田俊樹、平尾浩一、他	
4	試料中の蛍光性物質を検出する方法およびシステム	H26. 2. 14	5473202	白井伸明、岡田俊樹、他	
5	生分解性エラストマー及びその製造方法	H25. 5. 10	5263471	平尾浩一、山中仁敏、那須喜一、他	
6	柔軟性に富む生分解性材料とその製造方法	H25. 9. 20	5366068	平尾浩一、山中仁敏、那須喜一、他	
7	神経難病の画像診断薬及び対外診断薬	H27. 2. 27	5699286	白井伸明、平尾浩一、他	
8	蛍光一粒子検出方法および検出システム	H27. 5. 1	5737704	白井伸明、岡田俊樹、他	
9	リグノセルロース含有材料からの機能材料の製造方法	H29. 3. 31	6114935	白井伸明、松本正、他	
10	曲げ変形を受ける対象物に貼付して用いる貼付材用フィルム	H28. 9. 23	6009777	平尾浩一、那須喜一、他	
11	曲げ変形を受ける対象物に被覆して用いる被覆材用複合フィルム	H28. 11. 25	6045892	平尾浩一、那須喜一、他	
12	測定システムおよび測定方法	R2. 3. 13	6675679	山本典央、平野 真、他	
13	リチウムイオン二次電池負極用バインダー、リチウムイオン二次電池負極用スラリー組成物、リチウムイオン二次電池負極及びリチウムイオン二次電池	R2. 11. 17	6795814	田中喜樹、所敏夫、中島啓嗣、脇坂博之、佐々木宗生、他	
信楽					
14	電磁波吸収体及びその製造方法	H15. 7. 4	3448012	宮代雅夫*、他	
15	セラミックス多孔質体	H19. 8. 17	3997929	高井隆三*、宮代雅夫*、中島孝、他	
16	多孔表面陶磁器	H24. 4. 20	4976010	川澄一司、高畑宏亮、中島孝、西尾隆臣*、高井隆三*	
17	透光性陶磁器用練り土および透光性陶磁器	H25. 8. 30	5352035	川澄一司	

\*は元職員

商標権 1件

名称	登録日	登録番号	考案者	備考	
信楽					
1	信楽透器	H22. 9. 10	5351665	川澄一司	

意匠権：バタフライバルブの弁体2件 (281616077、281616078) は、H30. 9. 28 に登録され、東北部工業技術センター管理

特許出願中の件数 9件（内、令和2年度中新規出願件数 0件）

発明の名称		出願日	出願番号	発明者	備考
栗東					
1	神経難病の画像診断薬及び体外診断薬	H29. 3. 10 H30. 3. 7	046350 041055	白井伸明、平尾浩一、 他	国内優先権 主張
2	樹脂組成物	H29. 11. 14 H30. 11. 13	218720 41970	神澤岳史、他	国内優先権 主張
3	口腔内粘膜保護フィルム	H30. 1. 19	006890	中居直浩、那須喜一、 白井伸明、中島啓嗣、 大山雅寿、谷村泰宏、 土田裕也、平尾浩一他	
4	バタフライバルブ	H30. 3. 7	040274	深尾典久、今道高志、 山下誠児、井上栄一、 藤井利徳、水谷直弘、 酒井一昭、他	東北部工業 技術センタ ーで出願
5	生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いた陶磁器及びその製造方法	H31. 2. 7	21019	植西寛、他	
6	樹脂組成物	H31. 3. 28	62918	神澤岳史、平尾浩一 脇坂博之、上田中隆 志、他	東北部工業 技術センタ ーで出願
7	インピーダンス測定のための標準試料	R1. 6. 21	046350	山本典央、他	
8	粘膜粘着フィルム	R1. 7. 22	134762	白井伸明、神澤岳史、 大山雅寿、中居直浩、 他	
9	樹脂組成物およびポリビニルアセタール樹脂のリサイクル方法	R2. 3. 10	40743	神澤岳史、平尾浩一、 脇坂博之、上田中隆 志、他	東北部工業 技術センタ ーで出願

特許権の実施許諾 13件（内、令和2年度新規契約件数 0件）

発明の名称		契約者数	実施料	備考
栗東				
1	締結具	1	921円	
2	測定システムおよび測定方法	1	93,072円	
3	インピーダンス測定のための標準試料	1	8,140円	
信楽				
4	セラミックス多孔質体	1	22,950円	
5	多孔表面陶磁器	2	11,196円	
6	透光性陶磁器用練り土及び透光性陶磁器	7	118,496円	
計		13	254,775円	



## (7) 職員の研修

企業への技術支援力強化のため、職員の資質向上、スキルアップを目指し、外部機関へ派遣研修を実施しました。

### ① 大学派遣研修

研 修 テ ー マ	派 遣 先	期 間	派遣者名
蓄電デバイスの評価技術の検討	立命館大学	R2. 4～R3. 3 (週2日)	田中 喜樹

### ② 中小企業大学校派遣研修、その他

研 修 テ ー マ	派 遣 先	期 間	派遣者名
製造業の新市場への参入支援	(独法)中小企業基盤整備機構 中小企業大学校	R2. 12. 2～R2. 12. 4	高畑 宏亮
公設試験研究機関研究職員研修	(独法)中小企業基盤整備機構 中小企業大学校	R2. 10. 13～R2. 10. 16	山田 雄也

## (8) 審査会等への出席

経営革新計画承認審査会等へ委員として職員を派遣しました。

審査会等名称	所管	開催日	職員
AIと水中ドローンを活用した次世代技術開発支援事 審査会	モノづくり振興課	5月28日	小川
滋賀県工業技術総合センター企業化支援棟技術開発 室（レンタルラボ）使用計画審査会（書面）	モノづくり振興課	5月29日	小川
第1回滋賀県経営革新計画承認審査会（書面）	中小企業支援課	6月1日	小川
滋賀県市場化ステージ支援事業補助金審査会（書面）	中小企業支援課	6月4日	小川
滋賀県中小企業新技術開発プロジェクト補助金審査 会	モノづくり振興課	6月19日	小川
中小企業等外国出願・侵害対策支援事業費補助金選考 委員会	公益財団法人滋賀 県産業支援プラザ	6月26日	小川
滋賀県小規模事業者新事業スタートアップ支援補助 金審査会	中小企業支援課	7月9日	小川
第2回滋賀県経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	7月21日	小川
滋賀県商工観光労働部試験研究機関研究部内評価委 員会	モノづくり振興課	7月29日	小川 川澄
製造現場へのAI・IoT導入促進補助金交付審査会	公益財団法人滋賀 県産業支援プラザ	7月31日	小川
滋賀県市場化ステージ支援事業補助金審査会	中小企業支援課	8月19日	小川
滋賀県技能者表彰（おうみの名工）に係る懇話会	労働雇用政策課	8月26日	小川
サプライチェーン再構築等支援補助金交付審査会	公益財団法人滋賀 県産業支援プラザ	9月4日	小川
第3回経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	9月8日 9月9日	小川

中小企業等外国出願・侵害対策支援事業費補助金選考委員会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	9月11日	小川
第2回滋賀県中小企業新技術開発プロジェクト補助金審査会	モノづくり振興課	9月14日	小川
滋賀県児童生徒発明くふう展予備審査会 滋賀県未来の科学の夢絵画展予備審査会	一般社団法人滋賀県発明協会	9月25日	山下
滋賀県児童生徒発明くふう展審査会 滋賀県未来の科学の夢絵画展審査会	一般社団法人滋賀県発明協会	9月29日	小川
製造現場へのAI・IoT導入促進補助金交付審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	9月30日	小川
滋賀県商工観光労働部試験研究機関研究外部評価会議	モノづくり振興課	10月16日	小川
滋賀県近未来技術等社会実装推進事業補助金審査会	商工政策課	11月2日	今道
第4回滋賀県経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	11月17日	小川
滋賀県立テクノファクトリー工場棟使用資格等承認審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	11月24日	小川
滋賀県新商品の生産等による新事業分野開拓者認定審査会	中小企業支援課	1月19日	小川
第5回経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	1月29日	小川
滋賀県立テクノファクトリー工場棟使用資格等承認審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	3月19日	小川
第6回経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	3月26日	小川

## 4. 人材育成事業

### (1) 窯業技術者養成事業

本事業は、県内窯業技術の振興を図り、陶器業界の経営改善に資するために必要な窯業技術者の養成を目的としています。これまでに延べ560名の研修修了し、県内窯業関連企業に就業し、重要な人材として活躍しています。

#### ○令和2年度研修生の選考について

令和元年7月5日 平成31年度滋賀県窯業技術者養成研修選考試験実施公告

##### 秋試験

令和元年10月 1日（火）～10月31日（木） 願書受付  
 令和元年11月 6日（水） 選考試験  
 令和元年11月 8日（金） 選考委員会  
 令和元年11月下旬 結果発表

##### 冬試験

令和2年 1月 9日（木）～ 1月31日（金） 願書受付  
 令和2年 2月 5日（水） 選考試験  
 令和2年 2月 7日（金） 選考委員会  
 令和2年 2月下旬 結果発表

令和2年度は、7名の応募のうち7名が受験し、試験の結果7名を合格としました。研修については、6名が修了しました。そのうち5名が県内陶磁器関連企業に就職し、1名は他機関の研修を受講しています。

#### ○過去5年間の進路状況

年度	研修修了	陶磁器関連企業就職		次年度研修	その他
		県内	県外		
H28	6	3	0	3	0
H29	8	5	0	3	0
H30	8	6	0	2	0
R1	11	8	0	2	1
R2	6	5	0	0	1



ロクロ実習



他産地見学（九谷焼）

## (2) 信楽窯業技術試験場研修生OB会

本会は、窯業技術者養成事業研修を修了した者によって構成され、信楽焼の技術や歴史の勉強、情報交換、作品展などを行っています。

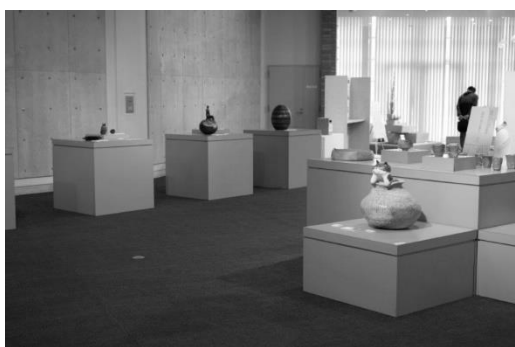
今年度は新型コロナウイルスの影響もあり勉強会や情報交換などは行いませんでした。しかし、甲賀市の協力のもと感染予防を実施しながら10月3日から11月8日までの期間、甲賀市立信楽産業展示館にて「研修生OB展」を開催しました。OB展には出展者22名、55作品のオブジェや食器、花器などが展示されました。また、期間中には来場者からアンケートを取り、OB賞を選定するとともに、その結果を今後の活動に生かしています。



信楽産業展示館 作品展示風景 1



信楽産業展示館 作品展示風景 2



信楽産業展示館 作品展示風景 3



OB賞 受賞作品 (坂口 未来)

## 5. 情報提供等

### (1) 刊行物の発行

#### 1. 技術情報誌

##### ①『テクノネットワーク』

工業技術総合センターの「産学官研究会活動」、「試験研究機器紹介」をはじめ、技術解説や研究紹介をする「テクノレビュー」、そのほか「研修・セミナーのお知らせ」、「センターニュース」などの企業に役立つ新しい情報の提供に努め、県内企業、関係機関および団体等に配布しました。

号数	発行月	発行部数
128	令和2年7月	2,000部
129	令和2年10月	2,000部
130	令和3年2月	2,000部

##### ②『陶』

信楽窯業技術試験場が実施している事業の成果や様々な窯業関係情報を県内の窯業関係企業、関係機関・団体へ配布しました。

号数	発行月	発行部数
35	令和3年3月	1,000部

#### 2. 業務報告書

令和元年度の工業技術総合センター業務活動の年報として、第34号を発刊しました。内容は、業務概要（技術支援、研究開発等）と運営概要（施設、設備、組織、決算額等）を中心にまとめたもので、主に県内外の行政・試験研究機関、関係団体等へ配布しました。

号数	発行月	発行部数
34	令和2年10月	650部

## (2) 研究成果報告会およびセンター一般公開の開催について

令和元年度までに取り組んできた研究成果について、県内企業の方々に広く知っていただき、技術移転や新たな連携を図るため、研究成果報告会を開催しました。令和2(2020)年度は、工業技術総合センターと東北部工業技術センター合同の研究成果報告会を開催しました。開催にあたっては新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、参加人数を制限した会場来場方式と Zoom 配信方式の両方で開催しました。

また、センターが保有する設備や技術を県内企業の方や一般の方々に、広く知っていただくことを目的に、平成20年度よりセンター一般公開を開催しています。令和2年度は、センター一般公開として、日頃の分析や評価で利用頻度の高い保有機器を中心とした機器見学ツアーを研究成果報告会と同日に開催しました。



- ・日 時：令和3年2月18日(木)  
研究成果報告会 13:15～15:50  
機器見学ツアー(午前) 11:00～11:45  
(午後) 16:00～16:45
- ・場 所：滋賀県工業技術総合センター
- ・参加者：研究成果報告会 21名(会場来場：5名、Zoom 配信：16名)  
機器見学ツアー 7名

### ○研究発表

「プラズマを用いた窒化炭素系金属表面処理技術の開発」

無機材料係 佐々木 宗生

「窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発」

セラミック材料係 神屋 道也

「水生植物からのセルロースナノファイバー創製と複合材料化に関する研究」

有機材料係 大山 雅寿

「脂肪酸分析前処理法の効率化に関する研究」

有機環境係 上田中 隆志\*

「マイクロ波加熱を用いた銀ナノ粒子の合成」

金属材料係 三浦 拓巳\*

「流体解析を用いたバルブ性能評価手法の高精度化に関する研究」

機械システム係 水谷 直弘\*

「金属3Dプリンタ(DED方式)を用いた積層造形および材料開発に関する研究」

機械システム係 斧 督人

「固体電解質向けインピーダンス測定システムの開発

～燃えない電池“全固体電池”の研究開発を加速！！～

電子システム係 山本 典央

「2種3機の3Dプリンタの利用方法」

食品プロダクトデザイン係 山下 誠児

「信楽焼坪庭製品の市場開拓に向けた開発研究」

陶磁器デザイン係 高畑 宏亮

「立体的な市松模様を有する風通織物の開発と展開」

繊維デザイン係 岡田 倫子\*

\* 東北部工業技術センター

### (3) ホームページによる情報提供

当センターの事業内容の紹介をはじめ、各種セミナー・講習会等の案内をホームページにて提供しました。また、情報検索サービスとして整備した試験研究用設備機器のデータベースを随時更新して、最新の情報を提供しました。

### (4) 産業支援情報メール配送サービス

当センター、東北部工業技術センター、(公財)滋賀県産業支援プラザ、(一社)滋賀県発明協会および県商工観光労働部内の関係3課が共同で、平成12年8月からサービスを開始しています。従来から県内の企業に対しては、技術情報誌やダイレクトメールにより各種の情報を届けていましたが、このサービスはこれまでの方法と並行して、セミナー・研修および講習会などのイベント情報や、産業振興施策に関する情報を、予め登録されたメール配送希望者に電子メールでタイムリーに届けるサービスです。随時登録を受け付け、令和3年3月末の登録数は1,344件となっています。

### (5) 工業技術情報資料等の収集・提供

工業技術に関する図書、雑誌および資料を備えています。

日本産業規格(旧日本工業規格)〔JIS〕を公開しています。

所有図書	図 書 (開架)	約10,500冊
	雑 誌	約50種類
	日本産業規格(旧日本工業規格)〔JIS〕	全部門



## (6) 見学者等の対応

センター開設以来、施設、機器、運営等について、海外を含め、県内外から、技術者、経営者、行政関係者等の多数の視察、見学があります。この他にも、県内外の企業からの試験機器の見学対応を行っています。令和2年度の見学者数は延べ176名で、主な見学者の内訳は下表のとおりです。

〈栗 東〉

所 属	見学者数(名)	見学日
(公財)産業支援プラザ	2	R2. 4. 8
滋賀大学 経済学部	1	R2. 7. 7
立命館大学	2	R2. 8. 20
(国研)産業技術総合研究所	3	R2. 9. 30
県内企業	4	R2. 10. 6
(一財)滋賀経済産業協会 技術委員会	3 1	R2. 10. 13
産業技術連携推進会議 製造プロセス部会	3 0	R2. 11. 12
関西経済連合会	2	R3. 1. 13
近江の地酒もてなし普及促進協議会	1 1	R3. 2. 12
合 計	8 6	

〈信 楽〉

所 属	見学者数(名)	見学日
県内企業	5	R2. 4. 7
三重県工業研究所窯業研究室	8	R2. 9. 17
京都芸術大学	4	R2. 10. 16
甲賀市立佐山小学校	1 7	R2. 10. 30
甲賀市立信楽小学校	5 6	R2. 11. 30
合 計	9 0	

(7) 報道関係機関への資料提供

	掲 載 等	内 容	日付	媒体
1	栗東市 中小企業応援・小規模事業者ガイドブック	滋賀県工業技術総合センター 企業化支援棟技術開発室（レンタルラボ）	R2.4発行	雑誌
2	中小企業庁 サポインマッチングナビ	「ブランド技術」の構築に向け独自のコア技術となる溶接工法技術を開発し、新たな付加価値を顧客に提供	R2.4.1	WEB
3	中小企業庁 サポインマッチングナビ	「学の理論」と「患者の立場に立った要求仕様」の差異を埋めて製品の上市化を目指す	R2.4.1	WEB
4	中小企業庁 サポインマッチングナビ	高いモチベーションを持つメンバーによる自発的かつ密な情報共有・ニーズ収集で事業化までの時間軸を短縮	R2.4.1	WEB
5	陶業時報	滋賀のモノづくり展	R2.4.1	新聞
6	龍谷大学 イベント&エッセイ	小川教授らの研究グループが日本機械学会関西支部賞（技術賞）を受賞しました。	R2.4.2	WEB
7	関西広域連合 関西ラボねっと	コロナに負けないぞ！！子ども応援プロジェクト	R2.4.8	WEB
8	まち・ひと・しごと創生本部 令和元年度版地方創生関係交付金の活用事例集	「近江の地酒」醸造技術強化推進事業（拠点整備交付金）	R2.4.10	WEB
9	びわ湖放送 滋賀経済NOW	信楽窯業試験場取材 植西主査インタビュー、パイオパタイト信楽焼製品、試験場内	R2.4.25	テレビ
10	滋賀県産業支援プラザ 滋賀の企業支援ガイドブック	滋賀県工業技術総合センター 企業化支援棟技術開発室（レンタルラボ）	R2.5発行	雑誌
11	滋賀県産業支援プラザ 滋賀の企業支援ガイドブック	滋賀県工業技術総合センター モノづくり技術人材の育成	R2.5発行	雑誌
12	滋賀県産業支援プラザ 滋賀の企業支援ガイドブック	滋賀県工業技術総合センター 試験分析機器の利用	R2.5発行	雑誌
13	中日新聞	「緋色の肖像」古窯を拓く女性たち 15	R2.5.10	新聞
14	（公財）JKA 競輪とオートレースの補助事業	小さな会社の技術開発に必要なのは？-滋賀県工業技術総合センター	R2.5.12	WEB
15	（株）テクロム News お知らせ	サンプリングバッグ洗浄装置における共同研究結果の公表（平成30年度）	R2.5.14	WEB
16	産業技術総合研究所 産総研イノベーションコーディネータ	産総研イノベーションコーディネータ 滋賀	R2.5.15	WEB
17	滋賀県産業支援プラザ 「うちでのこづち」	新企画「しがのミカタ」 滋賀県工業技術総合センター、信楽窯業試験場	R2.6発行	雑誌
18	（一社）日本機械学会 関西支部 関西支部賞	2019年度関西支部賞受賞者	R2.7.2	WEB
19	朝日放送	LIFE～夢のカタチ～ ”練り込み”技法で注目される陶芸家 陶芸家 高橋有紀子さん	R2.7.11	テレビ
20	滋賀夕刊新聞社	3尺5寸鉢もお目見え 信楽高生が制作 慶雲館で盆梅鉢84点展示	R2.7.16	新聞
21	関西広域連合 関西ラボねっと	テクノネットワークNo.128（2020/夏号）発行のおしらせ	R2.7.31	WEB
22	関西広域連合 関西ラボねっと	滋賀3Dイノベーション研究会HPをリニューアルしました	R2.8.3	WEB
23	（株）マツザキ 日本酒販売サイト	滋賀県工業技術総合センターで開発・研究がすすめられた滋賀県酵母「KKK-SC13」を酒米に彗星を使って仕込んだ新たな純米吟醸	R2.8.6	WEB
24	うのかわ酒店 日本酒販売サイト	滋賀県酒造組合より滋賀県工業技術センターにて開発・研究が進められてきた滋賀県酵母『KKK-SC13』を使った試作醸造を滋賀県より要請された特別試験醸造酒	R2.8.7	WEB
25	さいとう酒店 日本酒販売サイト	滋賀県工業技術総合センターで開発・研究が進められた滋賀県産酵母「KKK-SC13」を使った試作醸造を滋賀県から要請があり、R1BYにて美富久酒造で醸造	R2.8.7	WEB
26	まだしや 日本酒販売サイト	滋賀県工業技術総合センターで開発・研究が進められた滋賀県酵母「KKK-SC13」を使った試作醸造を滋賀県より要請され、R1BYにて醸造し、滋賀県工業技術センターの了承を経て商品化	R2.8.7	WEB
27	増田屋本店 日本酒販売サイト	滋賀県工業技術総合センターで開発・研究が進められた滋賀県酵母「KKK-SC13」を使った試作醸造を滋賀県より要請され、R1BYにて醸造し、滋賀県工業技術センターの了承を経て商品化	R2.8.7	WEB
28	美富久酒造 ブログ	R1BYに醸造されたお酒で「KKK-SC13」とは酵母の名前。この酵母は、滋賀県工業技術総合センターで新たに開発がすすめられた、新しい滋賀県産の酵母。	R2.8.7	WEB
29	京都新聞	銃後のわらべ 瀬田国民抜港絵日記と近江の子どもたち ② 学徒勤労動員 銃制手りゅう弾を製造	R2.8.13	新聞

30	京都新聞	「情報ワイド」大きな窯の理想郷	R2.9.5	新聞
31	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集中】10/6(火)モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業「熱物性測定の基礎」	R2.9.15	WEB
32	滋賀県立大学工学部報第16号	「工学部報(第16号)」の発刊にあたって	R3.10.1	機関誌
33	関西広域連合 関西ラボねっと	テクノネットワークNo.129(2020/秋号)発行のおしらせ	R2.10.31	WEB
34	YouTube	青少年のための科学の祭典 滋賀大会2020 「スマートフォンやタブレットの拡大鏡アプリで身近なものを観察してみよう！」	R2.10.14	WEB
35	YouTube	青少年のための科学の祭典 滋賀大会2020 「音の響かない部屋でいろいろな音を聞いてみよう！」	R2.10.14	WEB
36	YouTube	青少年のための科学の祭典 滋賀大会2020 「樹脂3Dプリンタによる造形」	R2.10.14	WEB
37	YouTube	青少年のための科学の祭典 滋賀大会2020 「金属3Dプリンタって何だろう？」	R2.10.14	WEB
38	YouTube	青少年のための科学の祭典 滋賀大会2020 「顕微鏡でのぞくミクロの世界」	R2.10.14	WEB
39	YouTube	青少年のための科学の祭典 滋賀大会2020 「何からできる信楽焼？」	R2.10.14	WEB
40	毎日新聞	家鴨の今日も良いお酒を！73 技術総合センター 酒造の質向上に尽力	R2.10.19	新聞
41	関西広域連合 関西ラボねっと	走査型電子顕微鏡の機器使用停止のお知らせ	R2.11.23	WEB
42	朝日新聞	土器原料 どこで採取？	R2.11.25	新聞
43	みんなの経済新聞ネットワーク	野洲にバルブの研究開発センター 優秀な人材の確保目指す	R2.11.27	WEB
44	関西広域連合 関西ラボねっと	現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業について	R2.12.1	WEB
45	中日新聞	新酵母で酒造り 水口・美富久酒造	R2.12.12	新聞
46	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集中】第12回海外展開技術支援セミナー「CEマーキング - 機械安全とリスクアセスメント」	R2.12.15	WEB
47	関西広域連合 関西ラボねっと	令和2年度 公益財団法人JKA競輪補助機器の導入	R2.12.22	WEB
48	関西広域連合 関西ラボねっと	電子顕微鏡の機器使用再開のお知らせ	R3.1.4	WEB
49	滋賀県職員労働組合総連合 機関紙「暁湖」	わたしの職場紹介 信楽窯業試験場	R3.1.4	機関紙
50	京都新聞	21st Century ③県酒造技術研究会設立	R3.1.5	新聞
51	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集中】1/29(金)モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業『金属3Dプリンタ用CAMを用いた多軸造形』開催のお知らせ	R3.1.13	WEB
52	びわ湖放送	オリジナル酵母で地酒仕込み作業/滋賀	R3.1.13	テレビ
53	読売新聞	新酵母 香る一杯に 甲賀の酒蔵 寒仕込み	R3.1.14	新聞
54	中日新聞	厳しい寒さ 仕込み良し 酒造り最盛期 美富久は新酵母に挑戦	R3.1.14	新聞
55	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集中】技術開発室(レンタルラボ)入居者募集のお知らせ	R3.1.15	WEB
56	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集中】工業技術総合センター&東北部工業技術センター 研究成果報告会および一般公開	R3.1.18	WEB
57	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集中】2/19(金)モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業『最新の電子顕微鏡による試料観察と元素分析』開催のお知らせ	R3.1.22	WEB
58	びわ湖放送	滋賀経済NOW 安心・安全な食文化を目指して農業の新しいシステムに挑戦する株式会社ワダケン	R3.2.6	テレビ
59	中日新聞	焼き物や琵琶湖の水草など研究成果報告 栗東で県技術職員ら	R3.2.20	新聞
60	関西広域連合 関西ラボねっと	テクノネットワークNo.130(2021/春号)発行のおしらせ	R3.2.26	WEB
61	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集終了】3/18(木)モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業『新規導入！非接触画像測定機による測定法のご提案』開催のお知らせ	R3.3.1	WEB
62	関西広域連合 関西ラボねっと	【募集中】第13回海外展開技術支援セミナー「CEマーキング対応のための基本的な考え方+UKCAマーク制度概要」	R3.3.5	WEB
63	毎日新聞	県酵母の酒、仕込み水と共に 岡本他家直営「遊亀」	R3.3.8	新聞
64	中日新聞	松下洗平、「滋賀陶芸大使」に就任 インスタで信楽焼の器と手料理披露	R3.3.25	新聞

## 6. その他

### (1) 技術開発室『レンタルラボ』の管理運営

本県では、「滋賀県産業振興ビジョン 2030」の下、「変化への挑戦 (Challenge for Change)」をキーメッセージに、県内中小企業が行う新製品の開発や新事業への展開を促進する様々な支援策を展開している。その一環として、平成11年2月に当センターに設置した企業化支援棟を活用し、企業の技術力の向上、新産業分野の開拓、さらにはベンチャー企業等の起業化の促進に努めています。

この企業化支援棟には、技術開発室4室と電波暗室(3m法)とがあり、県内企業の技術開発と産業の振興を目的としています。特に、技術開発室は研究スペースを賃貸することにより、独自技術の開発や新製品開発に積極的なフロンティア企業や新規開発業者を育成支援しています。

令和2年度の入居率は、100%で、延べ4者の入居利用がありました。

なお、下記の室については、技術開発室から使用形態を変更し、機器利用のための室として開放しています。

- 2号室……成膜試験室
- 3号室……試作開発室
- 7号室……ものづくり高度分析支援室

#### ① 技術開発室設備

電気設備	単相100V・3相200V
給排水設備	各室内に流し台設置
LPGガス	各室内に取付口設置
電話設備	各室内に端子盤(外線2、内線1回線)設置
空調設備	個別エアコン設置
防犯設備	警備保障会社連動による防犯方式
昇降装置	機器搬入エレベータ1機
床荷重	1階 9.8kN/m <sup>2</sup> (1000kgf/m <sup>2</sup> )
	2階 4.9kN/m <sup>2</sup> (500kgf/m <sup>2</sup> )

#### ② 使用者の要件

県内において事業を既に行っている者あるいは開業をしようとする者であって、創業、新分野進出または新技術開発を志向し、具体的な研究開発計画を有する者および知事が適当と認めた者

#### ③ 使用料

技術開発室	階	面積	使用料/月
1号室	1階	51m <sup>2</sup>	93,840円
4号室	2階	51m <sup>2</sup>	93,840円
5号室		50m <sup>2</sup>	92,000円
6号室		50m <sup>2</sup>	92,000円

(令和3年3月31日現在)

## (2) 企業・大学等訪問事業

当センターでは、県内企業の実情および技術課題やニーズを正確に把握し、事業の効率的な推進や見直しに活用するため、平成14年度から計画的に企業訪問調査を実施しています。平成19年度からはさらに広く皆様の意見を伺うため、広報誌等を通じて、訪問事業所を随時募集しています。

平成25年度からは、平成25年4月1日に施行された『滋賀県中小企業の活性化に関する条例』第12条で「中小企業活性化施策の策定および実施にあたっては、中小企業等の意見を反映することができるよう必要な措置を講ずるもの」とされ、当センターへの要望やモノづくり現場のニーズの聞き取りの強化を行ってきました。当センターへのご相談や機器利用、セミナーや講習会への参加など、多様な要望やモノづくり現場のニーズをお聞きするために引き続き県内事業所への積極的な訪問事業を行いました。

訪問先	地域	市町	件数
企業・事業所 (30件)	大津・南部地域	大津市	4
		草津市	2
		守山市	1
		栗東市	5
	甲賀地域	甲賀市	4
		湖南市	1
	東近江地域	近江八幡市	1
	湖北・高島地域	長浜市	1
合計			19

(3) 令和2年信楽焼生産実態調査結果

令和3年2月25日

対象期間: 令和2年1～12月

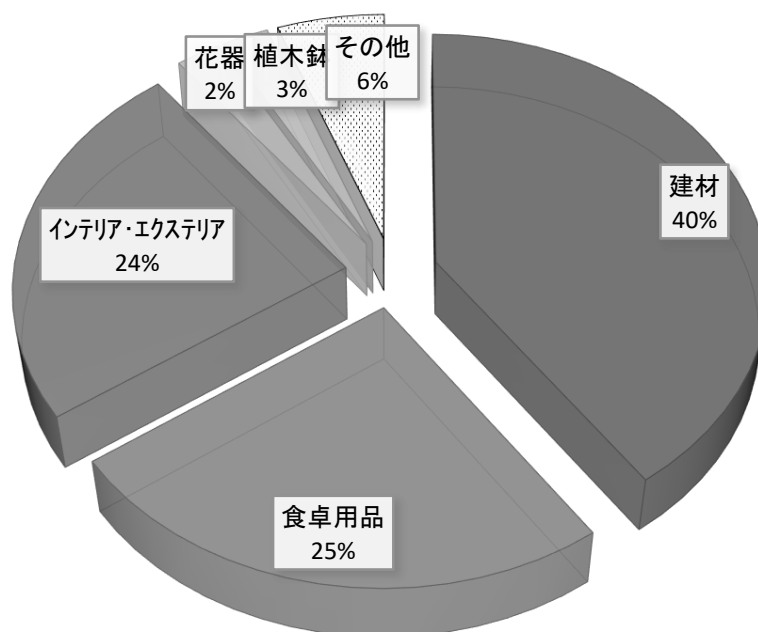
調査: 信楽陶器工業協同組合

調査対象: 信楽陶器工業協同組合員(陶器製造業者のみ)

集計: 信楽窯業技術試験場

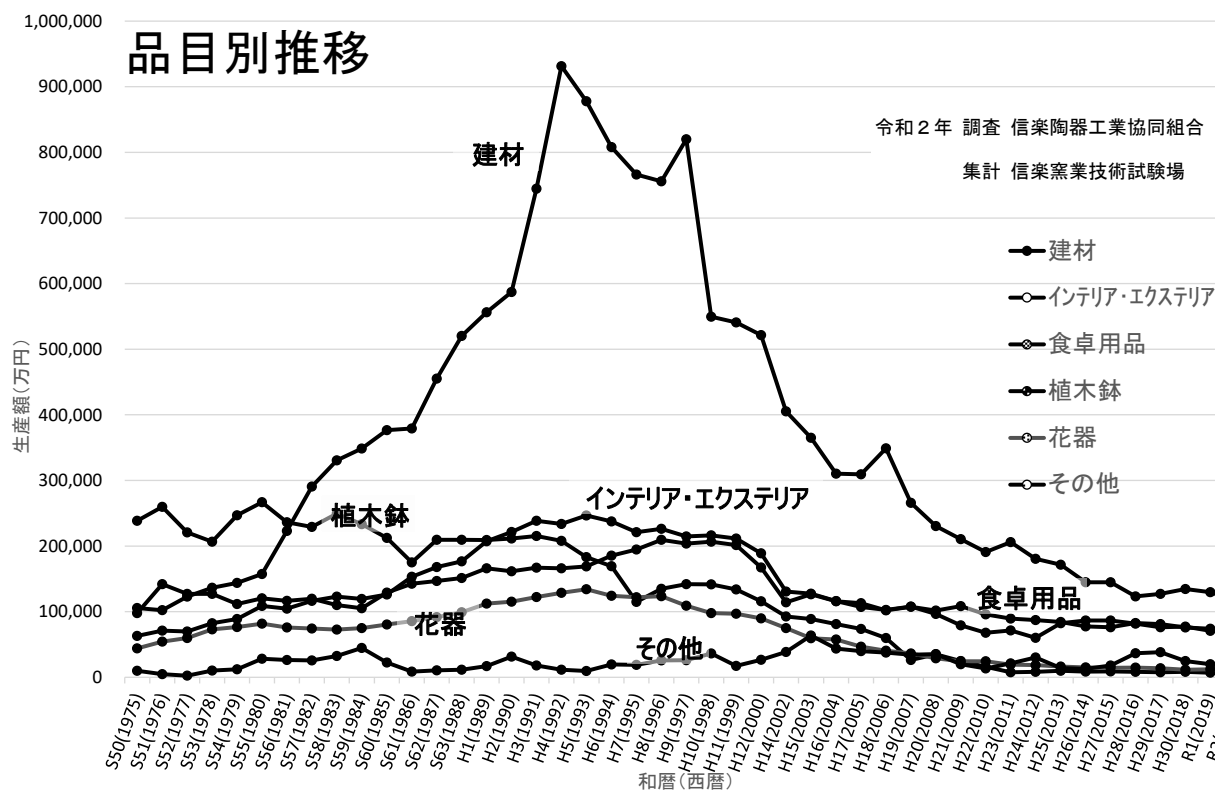
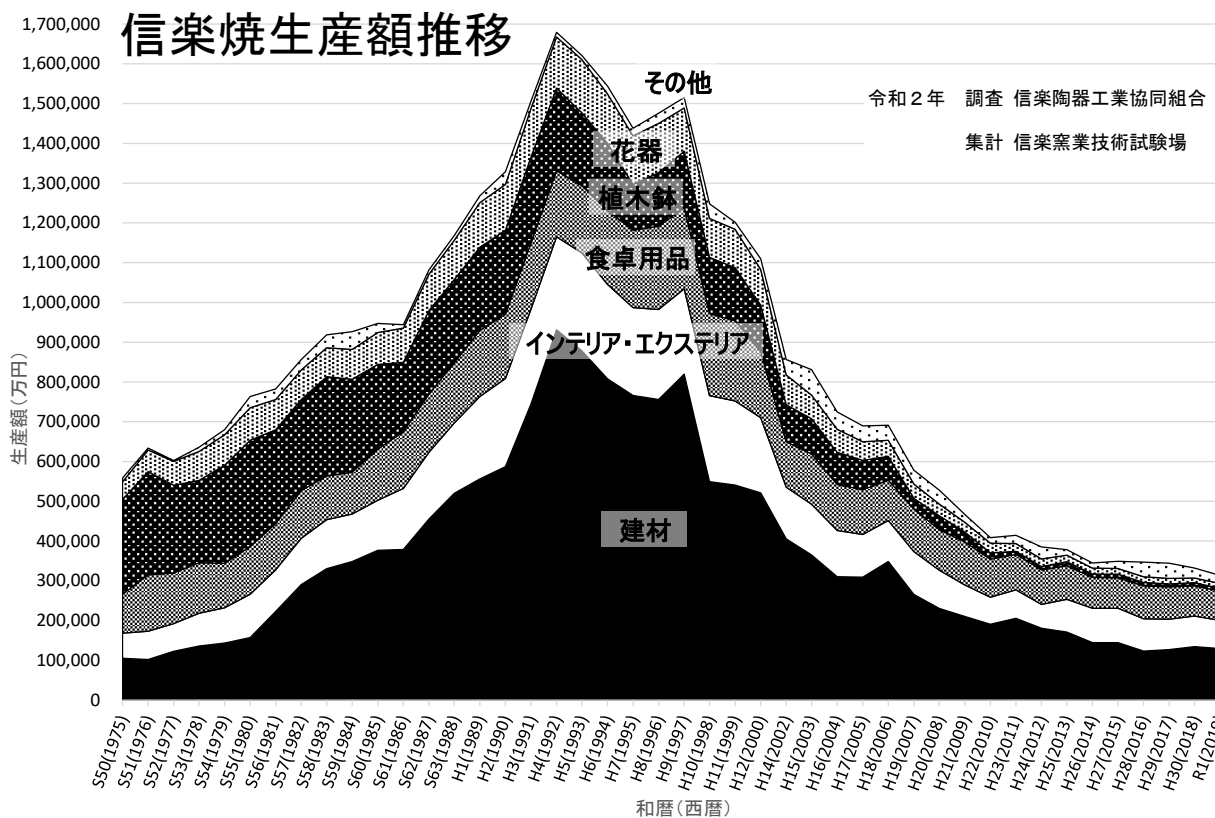
生産額(万円)	令和元年	令和2年	前年比
		313,380	292,250
調査回収企業数	67	68	101%
調査対象企業数	75	76	101%
回収率	89.3%	89.5%	100%

品目(万円)	令和元年	令和2年	前年比
建材	129,545	117,444	91%
食卓用品	70,805	73,480	104%
インテリア・エクステリア	73,888	70,564	96%
花器	12,230	6,894	56%
植木鉢	6,932	7,191	104%
その他	19,980	16,677	83%



従業員数(人)	令和元年	令和2年	前年比
正社員	324	307	95%
パート・その他	104	106	102%
計	428	413	96%

窯の種類・数(基)	令和元年	令和2年	前年比
ガス	148	146	99%
電気	49	58	118%
灯・重油	7	7	100%
トンネル・ローラー	3	3	100%
穴窯	15	15	100%
登窯	4	4	100%
計	226	233	103%



## IV 研究報告





## 令和2年度研究報告一覧

No	研究内容	報告者	頁
1	製品動作音の音質評価技術に関する研究	平野 真	70
2	ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発 －電着ダイヤモンド工具によるアルミナセラミック研削加工への適用－	今田 琢巳	72
3	金属3Dプリンタを用いた積層造形技術および材料開発に関する研究 －材料開発技術の高度化の検討－	斧 督人 柳澤 研太	76
4	金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 －形状造形技術の高度化の検討－	柳澤 研太 斧 督人 今田 琢巳	82
5	高感度蛍光検出技術を応用したタンパク質状態を評価する技術開発 －タンパク質変性の有無を簡便に評価できる新測定法開発－（第2報）	白井 伸明 岡田 俊樹	86
6	高分子複合材料の物性向上に関する研究 －CNFによる生分解性プラスチック補強の検討－（第1報）	大山 雅寿	89
7	炭素系ナノ繊維の精製技術の開発（第1報）	安達 智彦	93
8	カーボン量子ドットの蛍光特性に関する研究	山田 雄也	97
9	滋賀県オリジナル清酒醸造用酵母の選抜	岡田 俊樹 川島 典子	101
10	「近江の地酒」の酒質分析に関する研究（第1報）	川島 典子 岡田 俊樹	106
11	信楽焼坪庭製品の市場開拓に向けた開発研究（第3報）	高畑 宏亮 中島 孝 野上 雅彦 西尾 俊哉 宮本ルリ子 津守 愛香	111
12	コンピューショナルデザインを活用した陶製品開発（第1報）	野上 雅彦	114
13	生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたセラミックスの開発研究（第2報）	植西 寛	118
14	窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発（第2報）	神屋 道也 植西 寛 坂山 邦彦 西尾 俊哉 中島 孝	121

# 製品動作音の音質評価技術に関する研究

平野 真\*

HIRANO Makoto\*

**要旨** 製品を開発する上で音による評価は非常に有効である。製品の騒音対策を行う場合、騒音計を利用して騒音レベルの測定をする場合が多いが、実際には騒音レベルの大小では評価できないことも多い。この場合、音質評価が重要になる。音質評価として、主観評価および客観評価について考慮する必要があるが、本研究では客観評価から主観評価を推測する手法を検討する。

## 1 まえがき

製品の動作音を評価する場合、一般的には騒音レベルの大小を評価基準とすることが多く、製品の騒音対策を行う場合、騒音計を利用して、騒音対策の前後で騒音レベルの大小を比較することにより低減効果を評価する場合がある。この際、人が聞いて静かに感じたとしても、騒音レベルとしてはあまり変化が見られないことがあり、逆に騒音レベルが下がったにも関わらず、人が聞いた聴感上はあまり静かに感じない場合がある。このような場合は、騒音レベルの大小だけでは評価できないため、音質評価が重要になる。音質評価には、人が実際に音を聞いて評価する主観評価と、評価量を数値化することにより行う客観評価の2種類がある。最終的には主観評価が重要となるが、製品開発のプロセスにおいて、頻繁に主観評価実験を行うことは手間がかかり難いため現実的とは言えない。そこで本研究では、主観評価実験を行わずに製品音が使用者にどのような印象を与えるかについて、客観評価から推測する手法を検討する。

本研究では、主観評価としてSD法による実験用ソフトを開発した。また客観評価として心理音響評価量を計算するプログラムを作成して、ラウドネス、シャープネス、変動強度、ラフネスの値を算出した。

## 2 主観評価

音響の研究では、主観評価の際に一对比較法やSD法を利用することが多い[1]。これは人が実際に試聴用の音源を聞きながらアンケートに回答する形式である。

まず、一对比較法(シェッフエの一对比較法)とは、評価対象である複数の音源を、2つずつの対にして比較し点数付けをする手法で、この対は総当たりで選択する。同時に複数音源の比較をすることは困難であるが、2音源の比較なので評価する者にとって判断が易しく信頼性が高い手法である。

一方、SD法は「明るい・暗い」など反対の意味を持つ形容詞を対にして並べ、評価対象の印象を評価する手法で、平均値よりプロフィールを作成することで、音源毎の違

いを比較しやすい。SD法は、因子分析を行うことで物理量との関連の分析を行うことが可能であることから、本研究ではSD法を利用して実験を行う。

### 2.1 無響室における測定

例として、メーカーの異なる3種類の掃除機A、B、Cについて、無響室において騒音レベルの測定および録音を行った。測定した騒音レベルを表1に示す。

表1 掃除機の騒音レベル

	騒音レベル [dBA]
掃除機A	74.4
掃除機B	74.3
掃除機C	74.8

騒音計と掃除機との距離は約1mで、全てが同等の騒音レベルになるように、掃除機の置き方を調整した。

### 2.2 SD法による実験ソフト

SD法のアンケート調査に関しては、収録済みの掃除機A、B、Cの音源をPCのヘッドホンで試聴する形式で行うものとする。アンケート調査の実験用ソフトをLabVIEWを使用して作成した。ソフトの画面を図1、2に示す。



図1 SD法による実験ソフト(アンケート入力画面)

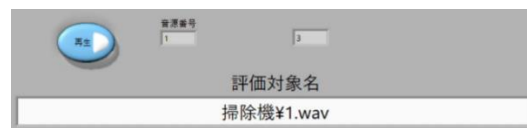


図2 SD法による実験ソフト(音源再生画面)

図1で、評価対象となる掃除機を選択し、表示されている形容詞対に対して5段階評価で点数付けをする。選択さ

\* 電子システム係

れた評価対象となる音は、図2の音源再生画面で随時聞くことができる。図3は、複数人のデータから平均値を求め、プロフィールを作成したときのイメージ図である。

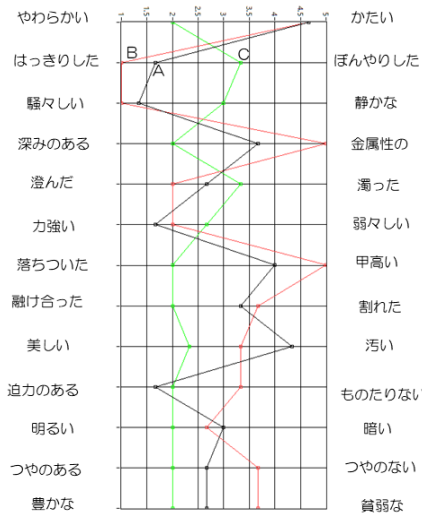


図3 プロフィールのイメージ

ここでは音響のSD法で使用されることの多い形容詞対を採用している。

### 3 客観評価

客観評価として、心理音響評価量の算出を行う。

#### 3.1 心理音響評価量

音の大きさを示すラウドネス、音の甲高さを示すシャープネス、音の変動感を示す変動強度、音の粗さを示すラフネスの4種類について算出を行う。

#### 3.2 心理音響評価量算出プログラム

心理音響評価量を計算するMATLABソースコード[2]を利用してプログラムを作成した。2.1で録音した掃除機A、B、Cの音源について算出したラウドネスの値を図4に、シャープネスの値を図5に、変動強度の値を図6に、ラフネスの値を図7に示す。

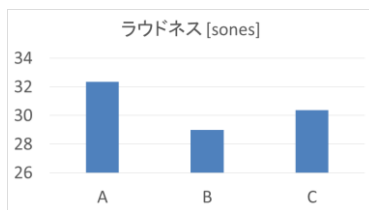


図4 ラウドネスの算出結果

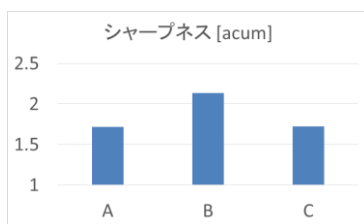


図5 シャープネスの算出結果

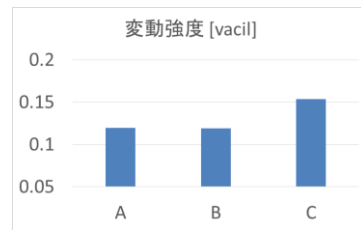


図6 変動強度の算出結果



図7 ラフネスの算出結果

騒音レベルはA、B、Cいずれもほぼ同じ値であるが、ラウドネスではAが最も大きく、シャープネスではBが最も小さい値となり、騒音レベルとは異なる特徴を捉えることができた。

## 4 まとめ

本研究は、騒音の低減効果を評価するため、主観評価と同様の結果を客観評価から推測する手法を検討し、実験を試みるものである。

- (1) SD法を用いた主観評価実験用ソフトを開発し、PCによるアンケート入力の結果からプロフィールを作成することができた。
- (2) 心理音響評価量算出プログラムを作成し、掃除機の音に関して、騒音レベルとは異なる特徴を捉えることができた。
- (3) 今後は製品音が使用者にどのような印象を与えるのかについて、主観評価実験を行わずに客観評価から推測する手法を検討し、実験による検証を行う。

## 参考

1. 難波 精一郎, 桑野 園子, “音の評価のための心理学的測定法,” コロナ社, pp.86-132, 1998.
2. J. Chatterley, “Sound quality analysis of sewing machines,” MS Thesis, Brigham Young University, pp123-153, 2005

# ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発

## —電着ダイヤモンド工具によるアルミナセラミックス研削加工への適用—

今田 琢巳\*  
IMADA Takumi

小川 圭二\*\*  
OGAWA Keiji

西尾 康明\*\*\*  
NISHIO Yasuaki

**要旨** 近年、直径 100 $\mu$ m 以下の泡であるファインバブル技術が、農業分野、洗浄分野など広く産業界で利用されている。切削や研削加工といった機械加工の分野においても、ファインバブルを切削油剤（クーラント）に内包させて用いる加工法が提案され、硬質金属に対する研削加工で加工能率の向上効果が提案されている。一方、セラミックス材料は、優れた機械的強度、電気的特性、耐熱性などの特徴があり、半導体デバイス向け製品など、複雑形状品への要望が高まっている。セラミックス部品は電着ダイヤモンド工具で研削仕上げが行われているが、硬くて脆い材料特性から加工に時間を要し、加工コストが高い問題がある。

そこで本研究では、電着ダイヤモンド工具を用いたアルミナセラミックス研削加工において、クーラント液中にファインバブル（FB）を内包させたFBクーラント液を用いて、セラミック研削加工における高能率加工や工具寿命の向上、仕上げ面品質の向上について検討を開始した。本報では、ファインバブルクーラントの有無の条件にて、アルミナセラミックスの側面研削実験を実施し、ファインバブルクーラントによる効果について検討を実施した。

## 1 はじめに

近年、直径 100 $\mu$ m 以下の泡であるファインバブル技術が広く産業界への利用が広がっている。ファインバブル技術を活用し、土壌改良や水質改良などの環境分野や、野菜・果物など効果的な成長促進させる農業・養殖分野、トイレの洗浄や洗濯機などの洗浄分野など、利用の用途は多岐にわたっている。一方、切削や研削加工といった機械加工の分野においても、ファインバブルを切削油剤（クーラント）に内包させて用いる加工法が提案され、種々の金属材料に対して、穴あけ、旋削加工、エンドミル加工、研削加工での加工性向上の事例が報告されている。特に、超硬合金など難削材における研削加工などで、加工能率の向上に対する効果などが提案されている。

セラミックス材料は、優れた機械的物性、耐薬品性、電気的特性、生体親和性などを有し、半導体製造装置向け部材、自動車用部品、医療用材料などに広く活用されている。今後も、構造用セラミックスは、その優れた材料特性から需要が高まっており、それに伴って、複雑形状の加工を要する製品が増えている。これらの部材は、一般的に、工作機械にはマシニングセンタに用いて、電着ダイヤモンド工具で仕上げられる。構造用セラミックスは硬くて脆い材料特性から、微小な切込み量で加工する必要があり、過度な切込みを加えるとチッピングや欠損する問題がある。そのため、加工コストが高いという問題があった。また、よ

り高精度加工面品質が求められている。

そこで、我々は、電着ダイヤモンド工具を用いたアルミナセラミックス研削加工において、クーラント液中にファインバブル（FB）を内包させたFBクーラント液を用いて、セラミック研削加工における高能率加工や工具寿命の向上、仕上げ面品質の向上について検討を開始した。

本報告においては、ジブコム合同会社製のファンバブル発生装置によりファインバブルクーラント液を生成し、電着ダイヤモンド工具を用いてアルミナセラミックスの側面加工を実施し、工具寿命の長寿命化や仕上げ面品質について検討を実施した。

## 2 ファインバブル発生装置

### 2.1 ファインバブル発生装置

図1にジブコム合同会社製ファインバブル発生装置を示す。本装置は、クーラントタンクのクーラント液を加圧ポンプにより吸引し、同時にエアを負圧により液中に混合させ、加圧タンク内でエアを液中に溶解させた後、エアが溶解したクーラント液を大気開放することでFBを発生させる。本装置は、加工点に噴射するノズルでFBを発生させることが可能で、大量のFBを直接加工点に噴射できることが特徴となっている。図2には、ノズル吐出後、加工点でのクーラントの挙動を高速カメラ（フクロン製 AX200, 10,000fps）を用いて観察した結果を示す。な

\* 機械システム係  
\*\* 龍谷大学  
\*\*\* ジブコム合同会社

お、観察の際には、白色ストロボ透過光源（10kHz）を使用した。図2 (a)は通常クーラント、図2 (b)はファインバブルクーラントの吐出ノズル直後の液流の写真である。図2 (b)より、マイクロバブルが液流に含まれていることが見て取れる。また、図3には、発生したファインバブルの顕微鏡写真を示す。ファインバブルの粒径は  $10\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$  程度であることが分かる。

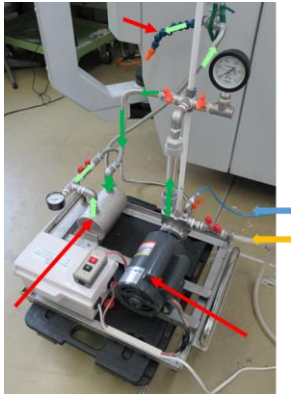
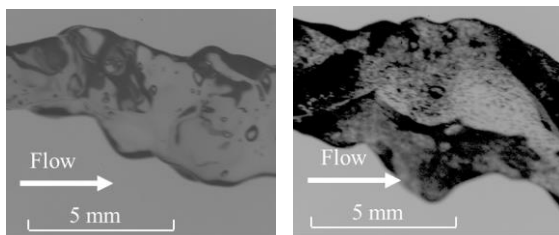


図1 ファインバブル発生装置



(a) 通常クーラント (b) F Bクーラント

図2 ノズル吐出直後のファインバブル観察

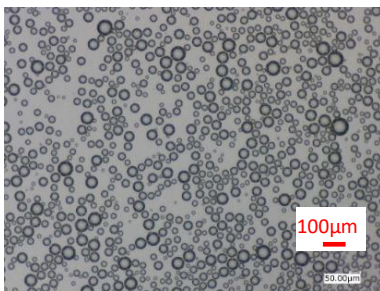


図3 ファインバブルの拡大写真

### 3 実験方法

工作機械には、立型マシニングセンタ（森精機製作所製 NVD1500）を用い、ダイヤモンド砥粒の粒度が #100（平均粒径  $147\mu\text{m}$ ）である  $\phi 10\text{mm}$  円筒型の電着ダイヤモンド工具（図4）を用いた。被削材にはアルミナセラミックス（A479、厚さ  $10\text{mm}$ ）を用いた。吐出圧力を  $0.4\text{MPa}$  に設定し、ファインバブル発生させた。実験ではアルミナセラミックスの側面研削加工を実施し、ファインバブルの有無による影響を検討し

た。また、研削加工時は、3成分キスラー動力計（キスラー製 9119AA1）を用いて、研削加工中の研削抵抗の送り方向成分  $F_x$ 、半径切込み方向成分  $F_y$ 、軸方向成分  $F_z$  を測定した。また、電着ダイヤモンド工具の工具摩耗量を測定するため、7cc 研削毎にアクリル樹脂板を研削し、摩耗後の工具プロファイルのアクリル樹脂に転写させた。表面性状測定機 CS-5000H（ミツトヨ製）を用いて、アクリル転写面のプロファイルを取得し、工具プロファイルの未使用部と研削加工部との段差を求め、工具摩耗量を求めた。また、加工後の加工面の表面粗さの測定においても同測定機を使用した。研削加工条件を表1に示す。表1の条件①に対し、条件②の研削能率は条件①と同一であるが、条件①に比べ半径方向切込み量を2倍に、送り速度を半分になっているため、最大切込み深さは条件①に比べ大きくなっている。



図4 電着ダイヤモンド工具

表1 研削加工条件

水準	条件①	条件②
主軸回転数 $N_s \text{ min}^{-1}$	10,000	
送り速度 $\text{mm/min}^{-1}$	200	100
半径方向切込み量 $R_d \mu\text{m}$	0.2	0.4
軸方向切込み量 $A_d \mu\text{m}$	10	
除去体積 cc	0~42	0~98
切削方向	Down-cut	
クーラント液	①通常クーラント ②ファインバブルクーラント	

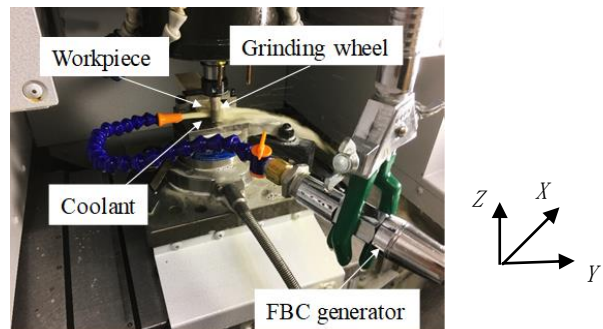


図5 実験風景

## 4 実験結果および考察

### 4. 1 FB有無による工具摩耗量への影響

電着ダイヤモンド工具の工具摩耗量の推移を図6に示す。図より、条件①および条件②ともに、FB有の方が砥石の摩耗を抑制できていることが分かる。また、条件②の方が通常クーラントに比べファインバブルによる工具摩耗の抑制効果が顕著に確認された。なお、条件②においては、約1.3倍程度の工具寿命の向上効果が確認できた。これは、条件①と条件②の単位時間当たりの研削量は同一であるが、条件①に比べ条件②の方が最大切込み深さが大きい条件となっており、研削に参与するダイヤモンド砥粒に負荷がかかっている条件の方が、ファインバブル効果が高くなることを示唆している。

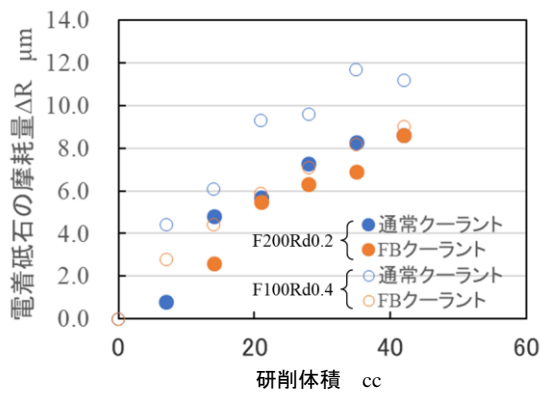


図6 工具摩耗量  $\Delta R$

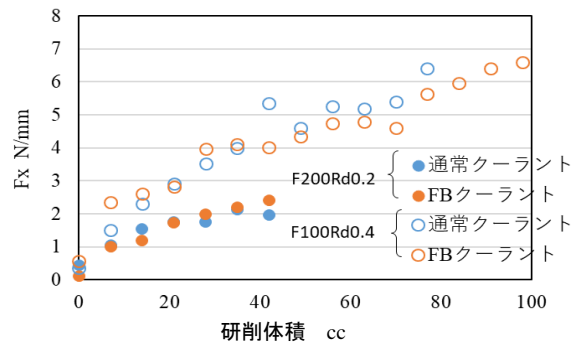
### 4. 2 ファインバブル有無による研削抵抗への影響

次に、各種研削加工条件で加工した際の研削抵抗の研削送り方向成分  $F_x$  と半径方向切込み成分  $F_y$  の推移をそれぞれ図7(a)(b)に示す。図より、研削送り方向成分  $F_x$  および半径方向切込み成分  $F_y$  については、ファインバブル有無で大きな違いは見られず、いずれの条件においても、工具摩耗が進行するに従い、徐々に研削抵抗が上昇した。なお、条件②については、研削量が98ccになるまで加工実験を進めた結果、通常クーラントに比べ、ファインバブルクーラントの方が若干、研削抵抗が低く推移した。これは、ファインバブルクーラントに比べ、通常クーラントの工具摩耗が進行しているため、工具摩耗後において研削抵抗が高く推移したものと考えられる。

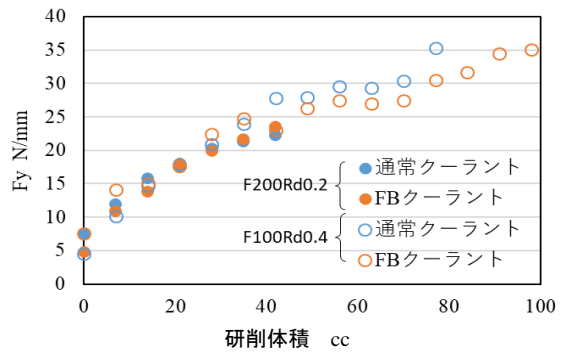
### 4. 3 工具への目詰まりへの影響

条件②において、通常クーラント加工後(78cc)およびファインバブルクーラント加工後(98cc)の電着ダイヤモンド工具の顕微鏡写真を図8に示す。図より両工具ともに特にアルミナセラミックスの研削くずが砥粒間に目詰まりは確認されなかった。本実験は側面切削により、クーラントを大量に噴射して加工

実験を実施したため、特に目詰まりすることなく加工ができたと考えられる。



(a) 研削送り方向成分の研削抵抗  $F_x$

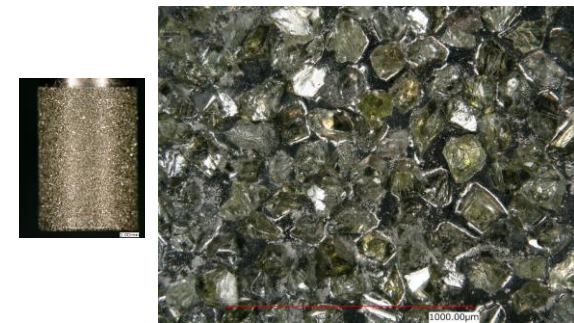


(b) 半径方向切込み成分の研削抵抗  $F_y$

図7 研削抵抗の推移



(a) 通常クーラント



(b) ファインバブルクーラント

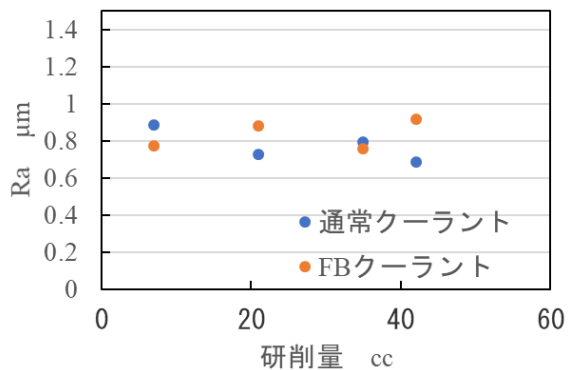
図8 加工後の電着ダイヤモンド工具の写真

#### 4. 4 表面粗さへの影響

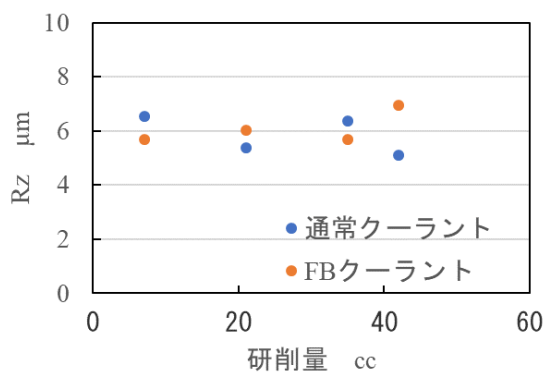
各種研削加工条件で研削量 42cc まで加工した側面の工具送り方向における表面粗さ Ra 及び最大高さ Rz を図9 (a) (b)に示す。図より、ファインバブル有無により大きな差はみられず、ファインバブル有の加工においても、通常クーラントと同様の表面粗さが得られることを確認した。

#### 参考文献

- 1) 新井 喜博：加速するファインバブル技術の産業化、ARC レポート(2016)
- 2) 九州経済産業局：ファインバブル活用事例集 (2017)
- 3) 稲澤 勝史ほか：ファインバブルクーラントが研削加工に及ぼす影響 (第1報)、栃木県産業技術センター(2018)



(a) 表面粗さ Ra



(b) 表面粗さ Rz

図9 加工底面の表面粗さ

#### 4 まとめ

電着ダイヤモンド工具を用いたアルミナセラミックスの側面研削加工において、ファインバブル有無による研削加工への影響について検討した結果、ファインバブルクーラントの場合、電着ダイヤモンド工具の工具寿命を約1.3倍程度、向上できる効果が見られた。

今回の側面研削加工においては、研削液が加工点へ到達しやすい状況下での実験であり、通常クーラントおよびファインバブルクーラントのどちらの条件においても特に砥粒間での目詰まりも確認されず、加工面の表面粗さも同等であった。

今後、セラミックスが砥粒間で目詰まりしやすい加工条件で実験を進め、引き続き、ファインバブルの効果について検証を進める。



# 金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 —材料開発技術の高度化の検討—

斧 督人\*

ONO Masato

柳澤 研太\*

YANAGISAWA Kenta

**要旨** 指向性エネルギー堆積法を用いた金属3Dプリンタは、金属素形材産業の企業が、例えば補修や高機能化を目的とした既存の製品への追加積層造形に活用可能であるなど、既存の素形材産業と組み合わせた3Dものづくり技術として期待されている。しかしながら、実用に供するためには、造形物の硬さ分布もさることながら、信頼性低下に大きな影響をおよぼす内部欠陥の形成についての評価が必要であり、それらについて観察や統計的処理を通じて検討を行った。

その結果、形成される内部欠陥の種類、内部欠陥の形成におよぼす造形条件の影響(キャリアガス流量およびレーザー出力)、内部欠陥サイズの統計的処理の有用性が明らかとなった。

## 1 はじめに

金属の3Dプリンタを活用した製造業の「3Dものづくり革命」や「積層造形」に関するトピックスを、メディアや展示会で目にするようになって久しい。これら3Dプリンタが実現する積層造形技術は、Additive Manufacturing(付加製造、以下、AM)技術と呼ばれるものであり、3次元造形物を作るために一層一層積み上げていく加工法としてASTM(American Society for Testing and Materials: 米国試験材料協会)において定義されている。このように、AM技術(付加製造技術)は、切削加工に代表される従来の加工法(除去加工)と対をなす、新しい加工法として知られている。

図1に主要な金属3Dプリンタ造形方法の模式図と特徴を示す。金属3Dプリンタを用いた主な金属積層造形方法には、粉末床溶融結合法(以下、PB方式)と指向性エネルギー堆積法(以下、DED方式)の二つが挙げられる。これら方式は、各々の特徴を活かした用途に応じた使い分けがなされるべきものであり、どちらも後処理(熱処理や切削加工など)は必要である。

従来から一般的なPB方式は、コーターを用いて粉末を一層ならし後にレーザー照射による溶融というプロセスを繰り返し、ラティス構造など複雑形状を含めた造形を行うことが可能である。一方のDED方式は、レーザー照射と同時に同じノズルから搬送用ガス(以下、キャリアガス)を介して金属粉末を吐出し、併せて造形箇所の酸化を抑制する不活性ガス(以下、シールドガス)を用いながら、肉盛り溶接のように一層一層積層造形を行う手法である。このように、PB方式のゼロからの造形に対し、DED方式は肉盛り溶接に類似することから、より高速に追加造形が行える。ただし、レーザーによる造形箇所の溶融地形成が必要なため、ラティスや中空構造などの複雑形状の造形は不可能である。しかしながら、DED方式は前述のように肉盛り溶接のような方式であるため、PB方式とは異なる異種材料の積層造形、複数の粉末供給部(パウダーフィーダー)の同時稼働

働により実現する複合材料や傾斜機能材料(接合)の造形などが行えることが大きな特徴として挙げられる。以上のことから、各方式の特徴をまとめると、PB方式は製品の形状設計の自由度が大きい、DED方式は製品の材料設計の自由度が大きいことが明らかである。

ここで、金属3Dプリンタの造形において、造形方式に係らず抱える課題として、造形形状の精度もさることながら、硬さのバラツキや強度などの機械的特性に影響をおよぼす内部欠陥の形成が挙げられる。特に、PB方式と異なりDED方式においては、造形物が未使用粉末に埋没していないため蓄熱・放熱性に大きく影響を受ける可能性があること、さらに金属粉末の吐出に用いるキャリアガスが内部欠陥形成に影響を受ける可能性がある。

そこで本研究では、硬さ分布の他、主に機械的特性に大きな影響をおよぼす内部欠陥について、その形成や種類、大きさなどについて、断面観察および統計処理を用いた検討を行ったので、報告する。

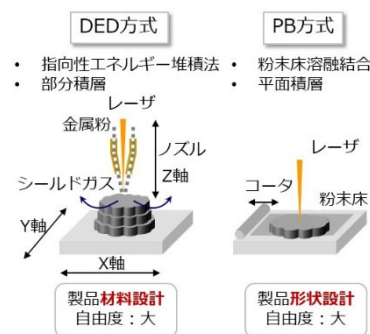


図1 主要な金属3Dプリンタ造形方法概略

\*機械システム係

## 2 実験方法

### 2.1 金属3Dプリンタ装置の概要

センターでは、技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構 (TRAFAM) より開発された三菱重工工作機械株式会社製のパウダDED方式3次元金属積層造形機 LAMDA200の商用初号機を、平成30年度に「生産性革命に資する地方創生拠点整備交付金」(平成29年度内閣府補正予算)により整備した。本研究では、このDED方式の金属3Dプリンタを用いて、実験を行った。

図2に装置外観写真を示す。装置は、造形部本体、粉末供給部 (パウダーフィーダー)、レーザー発振器、チラー、集塵装置より構成されている。積層時は、造形物を静置させるテーブルがXおよびY軸方向に稼働し、レーザー照射や粉末が吐出されるノズルがZ軸方向に稼働する。最大造形サイズは200 x 200 x 200mm、レーザー出力の最大値は2000W、パウダーフィーダーは2つ備えている。

### 2.2 使用材料および主な積層造形条件

積層造形に用いた金属材料は、全てガスアトマイズ法で作製された粉末であり、本研究ではSKD61相当粉末 (大同特殊鋼株式会社製 DAPSKD-MOD-HTC45 粒径53~150 $\mu$ m)、ステンレス316L相当粉末 (山陽特殊製鋼株式会社製 PS316L 粒径45~150 $\mu$ m) およびステライト No.6 (山陽特殊製鋼株式会社製 PS6 粒径45~150 $\mu$ m)を用いた。

また、積層造形はSS400材のベースプレート (厚み約6mm) 上で行った。

レーザー出力は600~1200W、ノズルの稼働速度 (以下、走査速度) は800mm/min、ビードの幅に影響をおよぼすスポット径は $\phi$ 2mmとし、粉末のキャリアガスおよび積層箇所シールドガスはArガスを用いた。

### 2.3 評価方法

積層造形物の観察・評価は、デジタルマイクロスコープ (株式会社キーエンス製 VHX-6000)を用いた。また、硬さ測定は、マイクロビッカース硬さ試験機 (株式会社ミツトヨ製 HM-221)を用いた。

## 3 実験結果

### 3.1 硬さ分布におよぼすレーザー出力の影響

図3にSKD61相当材の造形サンプル断面の硬さにおよぼすレーザー出力の影響を示す。幅約20mm、奥行き約10mm、高さ約7mm程度のブロック形状に造形を行った後、造形ビード走査方向に対して垂直に切断し、樹脂埋め込みおよび研磨後、ビッカース硬度計を用いて硬さを測定した。

レーザー出力1200Wと他条件 (レーザー出力800W、1000W) を比較すると、出力1200Wの場合、全体的に硬度が高い箇所が多く、またバラツキも他条件と比較して大きいことが分かる。レーザー出力800Wおよび1000Wにおいては、バラツキが比較的小さく、また粉末メーカーが想定している造形後の硬さ (HRC45相当) に近い。以上より、本金属粉末を用いた積層造形において、本造形時の走査速度やスポット径などの条件下では、レーザー出力800W~1000Wが適切であることが明らかとなった。

しかしながら、造形物の硬さ分布やその傾向を詳細に明らかにするためには、造形後の熱処理による影響はもちろんのこと、より細かい測定ピッチによる測定箇所の増加、ワイブル統計を用いたバラツキの考察、 $X^2$ 検定 (カイ二乗検定)を用いたバラツキの有意差に関する考察などが必要である。



図2 金属3DプリンタLAMDA200の装置概略

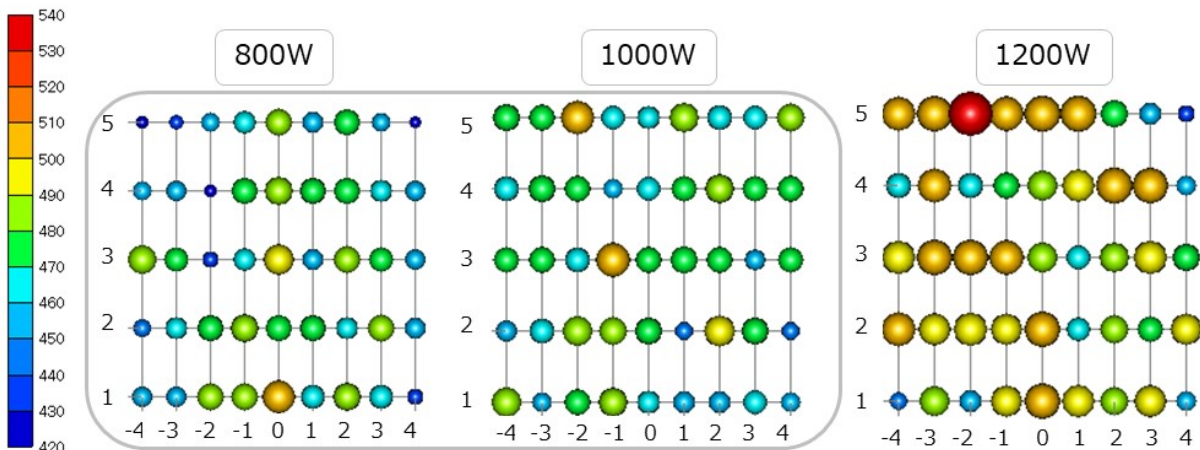


図3 硬さ分布におよぼすレーザー出力影響 (SKD61相当材、造形ビード走査方向に対して垂直方向の断面)

### 3.2 欠陥形成におよぼす造形形状およびレーザー出力の影響

図4にSUS316L材およびステライトNo.6材の造形サンプル断面観察による内部欠陥の形成状況を示す。幅約5mm、奥行き約20mm、高さ約15mmのブロック形状にレーザー出力600Wの条件下で造形を行った後、造形ビード走査方向に対して垂直に切断し、顕微鏡を用いて観察を行った。

両材料共に欠陥分布が造形高さの影響を受けているが、約10~200 $\mu$ m程度の空隙のような内部欠陥が散見された。

ここで、内部欠陥の形成状況をより詳細に把握するために、同一材料、同一レーザー出力の下、形状を変化させた幅約20mm、奥行き約20mm、高さ約15mmのブロック形状の造形物を作製した後、同様な断面観察を行った。

図5および図6に、SUS316L材およびステライト6材の造形後の断面観察写真を示す。また、本サンプルにおいては、造形ビード走査方向に対して垂直方向と平行方向に切断し、観察を行った。

図5において、走査方向に対して垂直方向に切断したSUS316L材の断面観察より、図4と同様、最大100 $\mu$ m程度の内部欠陥が全面に分散していることが分かる。さらに、水平方向に切断した断面観察より、走査方向と平行に不規則に連なりながら内部欠陥が形成されていることが明らかとなった。これらの内部欠陥は上部に形成されているように見られるが、切断箇所依存するものであり、全面に渡り形成されていると考えることが自然である。図5に示した観察写真より、内部欠陥は走査方向に平行に三次元的に形成され、分布していると推測される。

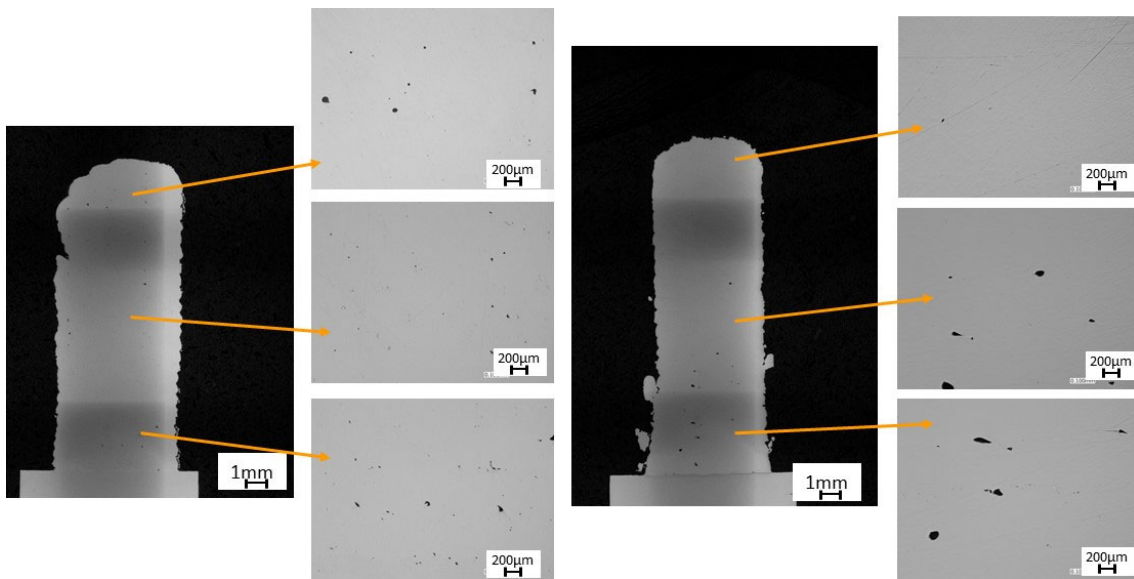


図4 内部欠陥形成状況(左:SUS316L材、右:ステライト材、共に造形ビード走査方向に対して垂直方向の断面)

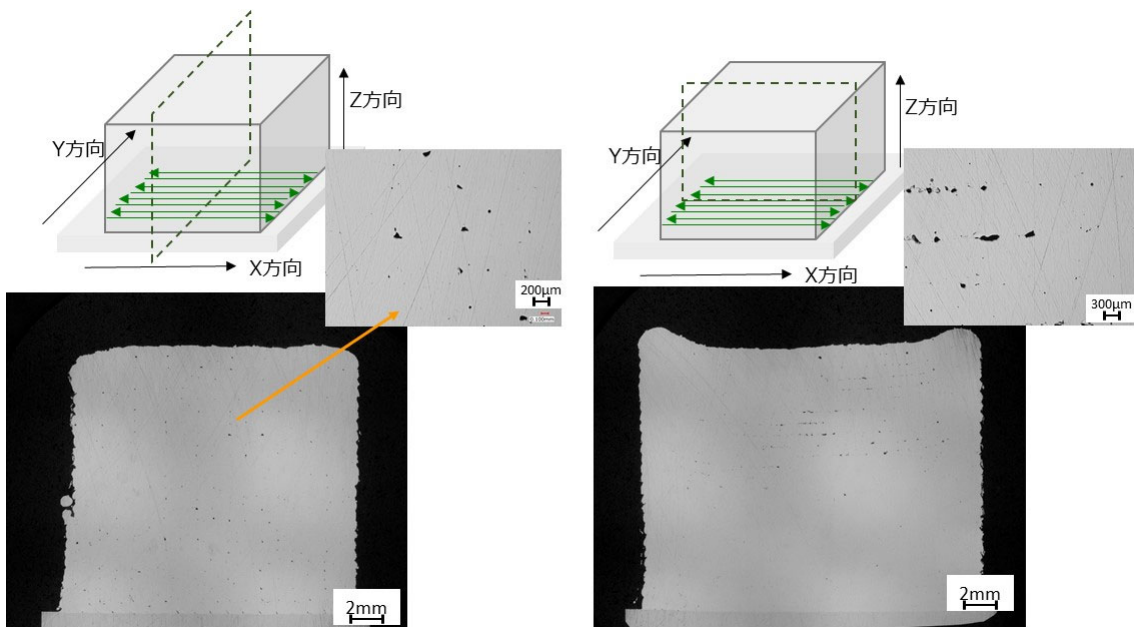


図5 SUS316L材の内部欠陥形成状況(左:走査方向に対して垂直方向、右:平行方向)

同形状のステライトNo.6材の断面観察写真である図6において、走査方向に致して垂直方向に切断した断面の観察より、全面に均一に約100 $\mu$ m弱の内部欠陥が形成されていること、中央にそれらの欠陥に沿ってき裂が伝播していること、基材との界面近傍付近より大きなき裂が導入されていることが明らかとなった。全面に比較的均等に形成されている内部欠陥は、造形ビードのオーバーラップ間隔と近く、積層時の熔融地形成が十分でないことが伺える。また、水平方向に切断した断面観察より、外観検査でも明らかではあったが、内部欠陥だけではなく非常に大きなき裂が表層から内部にかけて発生および進展していることが分かる。

積層造形時においては、造形箇所周辺は入熱、蓄熱、冷却を繰り返すにより熱ひずみが蓄えられ、それらにより界面近傍付近に引張応力が常に発生しており、形成された強度低下を招く内部欠陥を起点としてき裂が発生したと推測される。

以上のことから、材種や造形形状に依存するが、内部欠陥の存在は、強度低下以前に、大幅な信頼性低下を招くき裂の発生に繋がるということが明らかである。積層造形手法に関わらず、無欠陥である材料は存在しない。そのため、発生する内部欠陥の予測や機械的特性におよぼす影響の推定は非常に重要である。本節を踏まえ、次項にこれらについて検討を行う。

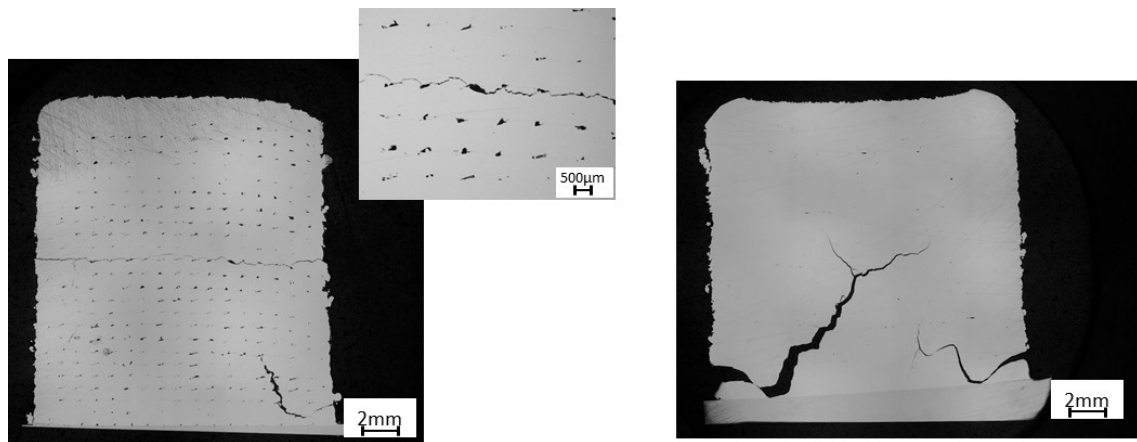


図6 ステライト6相当材の内部欠陥形成状況(左:走査方向に対して垂直方向、右:平行方向)

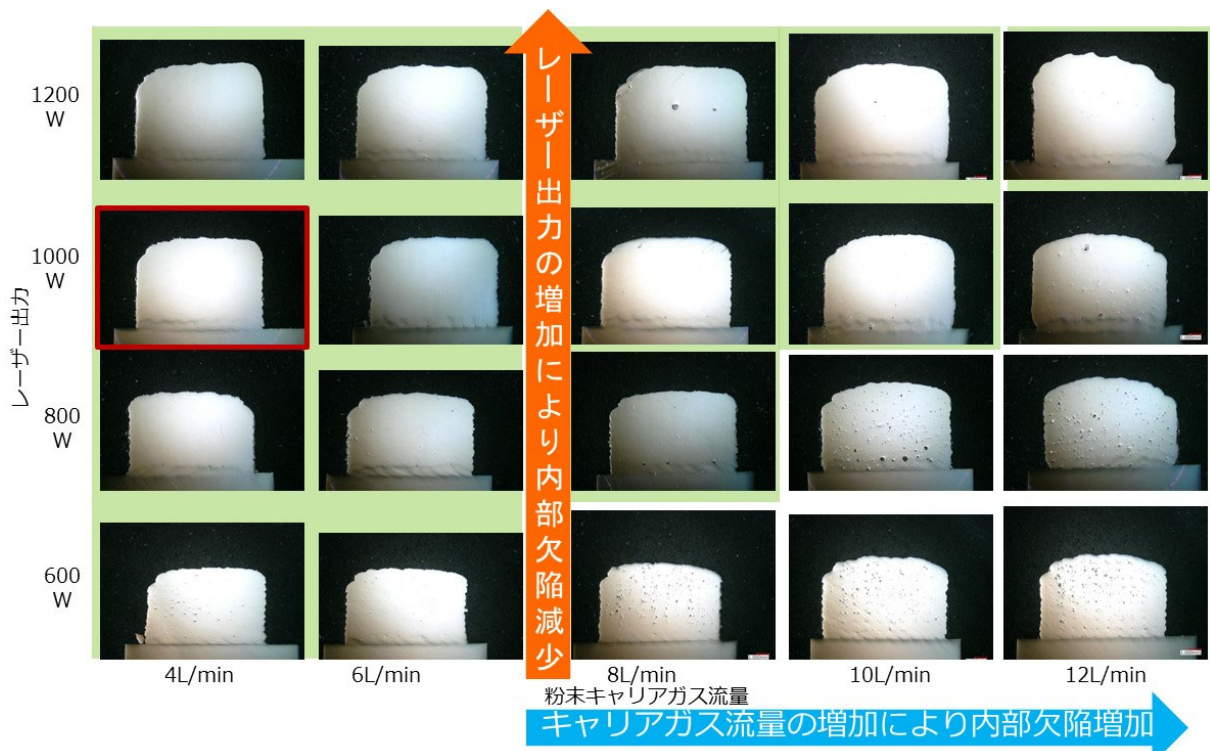


図7 SUS316L材の内部欠陥形成におよぼすキャリアガス流量とレーザー出力の影響

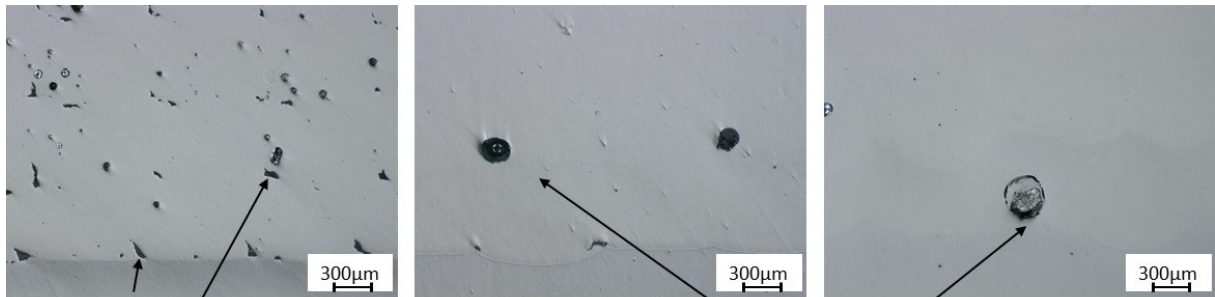
### 3.3 内部欠陥形成におよぼすキャリアガス流量およびレーザー出力の影響

前項において明らかとなったように、積層造形中に形成される内部欠陥は、材種や形状に依存するが、き裂の発生を引き起こすなど、信頼性低下に大きな影響をおよぼす。そこで、内部欠陥の形成におよぼす積層条件について検討するために、レーザー出力とDED方式の特徴であるキャリアガス流量の影響について検討した。金属粉末供給に用いられるキャリアガスは、PB方式には無い因子であること、今後2ポットの粉末供給部を活用した異種材料粉末の複合材料積層造形において変化させる可能性が高い因子であることから、本研究で検討を行った。

図7に、SUS316L材の内部欠陥形成におよぼすキャリアガス流量とレーザー出力の影響について示す。幅約10mm、奥行き約20mm、高さ約10mmのブロック形状に造形を行った後、造形ビード走査方向に対して垂直に切断し、顕微鏡を用いて観察を行った。図7において、横軸は粉末キャリアガス流量、縦軸はレーザー出力を示しており、各条件における断面観察写真を示している。断面観察写真において、欠陥は粒状に確認されている。

内部欠陥の形成状況から、キャリアガス流量の増加に伴い内部欠陥も増加すること、レーザー出力の増加に伴いそれら内部欠陥は減少することが明らかとなった。

図8に図7において確認した主な内部欠陥の観察写真を示す。内部欠陥は、ビード間の熔融不良に由来する欠陥、未熔融粉末もしくはガスの巻き込みに由来すると思われる球状欠陥と、大別して二種類に分類される。



ビード間の熔融不良

未熔融粉末由来

図8 主な内部欠陥の種類

### 3.4 内部欠陥分布の統計的処理および疲労特性の推定手法の検討

前項において明らかとなった主な内部欠陥の種類を検討から、本項では存在する内部欠陥の最大寸法の推定を検討した。内部欠陥群の抽出は、断面観察より得られた画像を用いた。抽出された内部欠陥面積から、面積の平方根である $\sqrt{\text{area}(\mu\text{m})}$ を算出した。算出した各内部欠陥の $\sqrt{\text{area}(\mu\text{m})}$ に対して、ワイブル統計処理を試みた。この内部欠陥分布の抽出に関しては、例として前項で検討したSUS316L材(キャリアガス流量:4L/min, レーザー出力:1000W)を用いた。

図9に内部欠陥サイズ( $\sqrt{\text{area}}$ )のワイブルプロットを示す。顕微鏡による観察で抽出および測定された欠陥サイズのプロットにおいて、明らかな特異点が存在することが明らかとなった。特異点以下の微小サイズの欠陥においては、ノイズの抽出が考えられることから、特異点以下を省き、再びプロットした。得られたワイブルプロットの近似式より、累積確率99.8%における $\sqrt{\text{area}}$ 寸法を算出したところ、最大欠陥寸法( $\sqrt{\text{area}_{\text{max}}}$ )の推定値は約76 $\mu\text{m}$ であった。

ここで、例えば、村上らによる $\sqrt{\text{area}}$ 評価法を用いた疲労限の推定手法<sup>1)</sup>が活用できる。式(1)にその推定式の一例を示す。

$$\sigma_{wl} \cong 1.40(HV + 120)/(\sqrt{\text{area}_{\text{max}}})^{1/6} \quad (1)$$

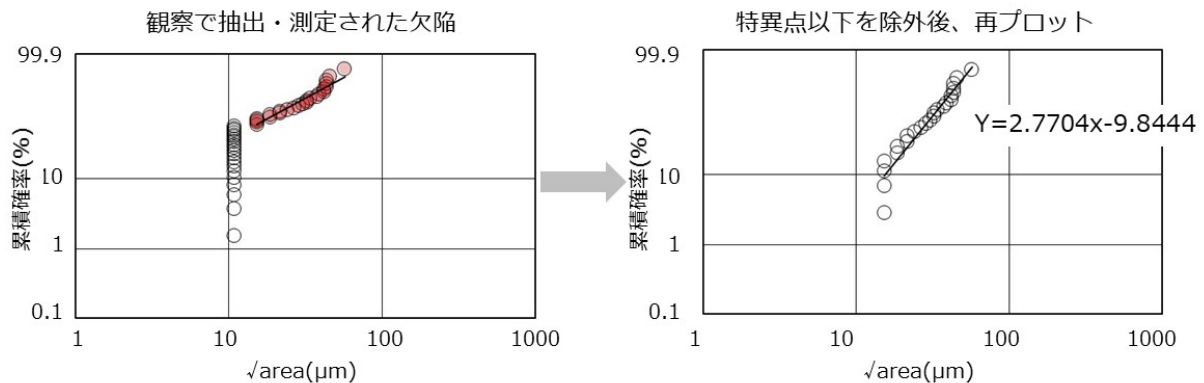


図9 内部欠陥サイズのワイブル統計処理

ただし、 $\sqrt{area_{max}}$ は最大欠陥寸法推定値( $\mu\text{m}$ )、HVはビッカース硬さ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )、 $\sigma_{wl}$ は疲労限下限推定値を示す。式(1)は、最大寸法の介在物が表面に接するように存在する場合を仮定したものである。

以上のように、上記に代表される村上らの $\sqrt{area}$ 評価法を用いた疲労限の推定手法の活用により、積層造形サンプルに形成される内部欠陥の機械的特性(疲労限)におよぼす影響が推定可能となる。

本研究では上記の通り、特定の条件(材種:SUS316L材, キャリアガス流量:4L/min, レーザー出力:1000W)における内部欠陥寸法の統計処理を検討した。ここで、各条件における内部欠陥寸法のワイブルプロットによるバラツキの統計処理、 $X^2$ 検定(カイ二乗検定)を用いたバラツキの有意差の検討などを行えば、造形に適した条件を統計的に絞り込むことが可能である。

積層造形に関わらず、無欠陥材料は存在しない。機械的特性に無害となるよう内部欠陥の減少に向けて造形条件を精査し、本項で検討したような統計処理等を用いて、欠陥が特性におよぼす影響について推定を行いながら、DED方式金属積層造形の実用化を進めていく必要がある。

## 4 まとめ

パウダDED方式金属3Dプリンタを用いた金属積層造形において、造形物の硬さ分布の検討、内部欠陥の形成におよぼす造形パラメータの影響、内部欠陥の分類や統計処理を活用した機械的特性(疲労限)の推定手法の検討を行った。

- (1) SKD61相当材において、硬さ分布におよぼすレーザー出力の影響について検討した。レーザー出力800~1200Wにおいて、高出力1200Wの場合、全体的に硬度が高い箇所が多く、またバラツキも他条件と比較して大きいことが明らかとなった。レーザー出力800Wおよび1000Wにおいては、バラツキが比較的小さく、また粉末メーカーが想定している造形後の硬さ(HRC45相当)に近く、本造形時の走査速度やスポット径などの条件下では、レーザー出力800W~1000Wが適切であることが明らかとなった。しかしながら、造形物の硬さ分布やその傾向を詳細に明らかとするためには、造形後の熱処理による影響はもちろんのこと、より細かい測定ピッチによる測定箇所の増加、ワイブル統計を用いたバラツキの考察、 $X^2$ 検定(カイ二乗検定)を用いたバラツキの有意差に関する考察などが必要である。
- (2) SUS316Lの造形において、造形ビード走査方向に対して垂直方向および平行方向に切断し、断面観察を行った。その結果、内部欠陥は走査方向に平行に三次元的に形成され、分布していることが明らかとなった。また、ステライトNo.6の造形においては、これら内部欠陥を伝播するようにき裂が発生する例もあ

り、内部欠陥の存在は信頼低下に大きく影響をおよぼすことが明らかとなった。

- (3) DED方式の特徴であるキャリアガスを用いた粉末の吐出供給に着目し、内部欠陥形成におよぼすキャリアガス流量およびレーザー出力の影響について検討した。キャリアガス流量の増加に伴い内部欠陥も増加すること、レーザー出力の増加に伴いそれら内部欠陥は減少することが明らかとなった。さらに、内部欠陥は、ビード間の溶融不良に由来する欠陥、未溶融粉末もしくはガスの巻き込みに由来すると思われる球状欠陥と、大別して二種類に分類されることが明らかとなった。
- (4) 造形物の断面観察写真から内部欠陥を抽出し、内部欠陥群の面積から、面積の平方根である $\sqrt{area}(\mu\text{m})$ を算出した。算出した各内部欠陥の $\sqrt{area}(\mu\text{m})$ に対して、ワイブル統計処理を行った。統計処理より、最大欠陥寸法の推定を行った。さらにこの最大欠陥寸法から $\sqrt{area}$ 評価法を用いた疲労源の推定手法について検討を行った。

## 参考文献

- 1) 村上 敬宜, 宇宿 尚史, 介在物寸法の統計的評価とそれに基づく高硬さ鋼の疲労限度の予測, 日本機械学会論文集 A編, Vo.55, No.510 (1989), pp.213-221

# 金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 —形状造形技術の高度化の検討—

柳澤 研太\*  
YANAGISAWA Kenta\*

斧 督人\*  
ONO Masato\*

今田 琢巳\*  
IMADA Takumi\*

小川 圭二\*\*  
OGAWA Keiji\*\*

田邊 裕貴\*\*\*  
TANABE Hiroataka\*\*\*

**要旨** 本研究では次世代のAM (Additive Manufacturing)技術であるDED (Directed Energy Deposition)方式の金属3Dプリンタを用いた積層造形技術を確立し、県内企業への技術普及を目指している。本年度は、工具鋼を用いた簡易形状造形およびニアネットシェイプ、SUS316Lを用いた走査パスによる機械的特性の変化の調査を行った。

## 1 はじめに

樹脂の3Dプリンタは一般にも普及してきているが、金属の3Dプリンタは、航空・宇宙産業など一部の業界ではすでに実用化が進められ、新しいモノづくりとして期待されているものの、一般の企業までは中々普及が進んでいないのが現状である。

金属3Dプリンタの中で現在主流となっているPB (Powder Bed)方式に対し、当センターで平成30年度に導入したDED方式の金属3Dプリンタは次世代のAM技術であり、技術の蓄積等がPB方式と比べるとまだ多くない。本研究において他県に先駆けてこの技術を確立することにより、機械・金属系の産業への波及効果が期待される<sup>1)</sup>。

金属3Dプリンタで機械部品などの造形を目指す際、外観や造形コストだけでなく、造形物が必要とする性能を保有しているかどうか非常に重要になる。そのため、今年度は、ニアネットシェイプや強度などの機械的特性の調査を実施した。

## 2 実験方法

### 2.1 装置概要

当センター保有の金属3DプリンタLAMDA200(三菱重工工作機械製)<sup>1)</sup>を用いて造形を行った。この装置は、ガスで噴射した金属粉末をレーザーで溶融させて積層造形していく構造である<sup>2)</sup>。特徴としては、「造形速度が速い・既存の製品や機械部品に追加造形することが可能・異なる材料の接合が可能」といったこと等が挙げられる。一から造形するだけでなく、製品・部品の補修や、部分的に材料・形状を変更することも可能であるため、既存の製品の機能向上としての用途も期待される。

### 2.2 キャリアガス流量とレーザー出力の調査

ニアネットシェイプを実施する前に、適切な造形条件の調査を行った。SUS316Lを用いた22×11×7mm程度のブロック形状の造形を対象として、キャリアガス流量とレーザー出力を変更した複数条件で造形を行い、内部欠陥発生状況を調べた。造形のイメージを図1に、造形条件を表1に示す。内部欠陥はブロックを走査パスに対して垂直方向に切断し、研磨後、顕微鏡で観察した。なお、キャリアガスとは粉末を噴射するためのガスで、本研究ではアルゴンガスを用いている。

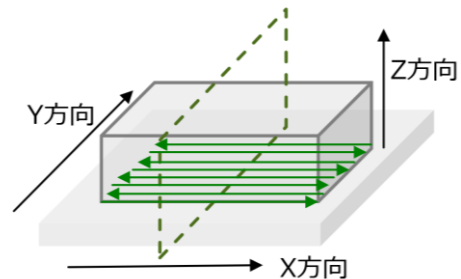


図1 ブロック造形イメージ

表1 造形条件

基材	SS400
金属粉末	PSS316L (山陽特殊製鋼製SUS316L相当粉末)
走査速度	800mm/min
レーザースポット径	φ2mm
レーザー出力	600, 800, 1000, 1200W
キャリアガス流量	4, 6, 8, 10, 12L/min

\* 機械システム係

\*\* 龍谷大学

\*\*\* 滋賀県立大学

### 2.3 ビッカース硬さ試験

2.2の実験で得られた結果からさらに造形条件の絞り込みを行うため、同様のブロック形状をDAPSKD-MOD(HTC45) (大同特殊鋼製)でレーザー出力を変更した複数条件で造形し、走査パスに対して垂直方向に切断後、ビッカース硬さ試験を行った。造形条件は表 2のとおりである。DAPSKD-MODはSKD61を金属3Dプリンタ用に改良した粉末である。

表 2 造形条件

基材	SS400
金属粉末	DAPSKD-MOD(HTC45) (大同特殊鋼製SKD61改良粉末)
走査速度	800mm/min
レーザースポット径	φ 2mm
レーザー出力	800, 1000, 1200W
キャリアガス流量	4L/min

### 2.4 ニアネットシェイプ

2.2および2.3から得られた適切な造形条件をもとに、DAPSKD-MOD(HTC45)を用いて、金型を模擬したニアネットシェイプを行った。ビード幅を2mm程度にするため、レーザースポット径をφ 2.4mmに変更している。造形モデルは図 2に、造形条件を表 3に示す。なお、スキャンパスとは形状の輪郭によらず直線で造形物内部を埋めていくパスのことである。

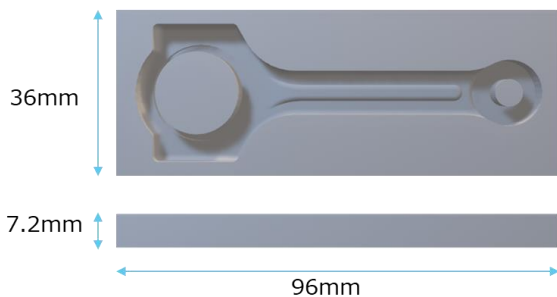


図 2 模擬金型造形イメージ

表 3 造形条件

基材	SS400
金属粉末	DAPSKD-MOD(HTC45)
走査速度	800mm/min
レーザースポット径	φ 2.4mm
レーザー出力	1000W
キャリアガス流量	4L/min
走査パス	スキャンパス 1層ごとに90度回転

### 2.5 引張試験による機械的特性の調査

2種類の走査パスで作成した試験片で引張試験を行った。走査パスのイメージを図 3に、造形条件を表 4に示す。試験片はまず、直方体のブロックを造形し、フライス盤でダンベル形状に加工し、ワイヤ放電加工でスライスして作成した。

#### ・ 引張方向積層



#### ・ 幅方向積層



図 3 走査パスのイメージ

表 4 造形条件

基材	SS400
金属粉末	PSS316L
走査速度	800mm/min
レーザースポット径	φ 2.4mm
レーザー出力	1200W
キャリアガス流量	4L/min
走査パス	図3の2種類

## 3 実験結果および考察

### 3.1 キャリアガス流量とレーザー出力の調査

ブロック断面を顕微鏡で観察した結果を図 4に示す。これらの結果より、レーザー出力を増加すると内部欠陥が減少し、キャリアガス流量を増加すると内部欠陥が増加することが分かる。キャリアガス流量4L/minより下は粉末供給部で詰まりが発生することがあり、粉末供給が不安定になる可能性があるため、4L/minを最小とした。今回行った中では、キャリアガス流量は4L/minで確定し、レーザー出力は800W以上が考えられる。

### 3.2 ビッカース硬さ試験

3.1においてキャリアガス流量を4L/minに確定したため、ここではレーザー出力に着目している。ブロック断面のビッカース硬さ分布を図 5に示す。これらの結果より、本研究で使用したDAPSKD-MOD(HTC45)のメーカー想定硬さがHRC45(HV446)であるため、レーザー出力は800～1000Wの間が適していると考えられる。



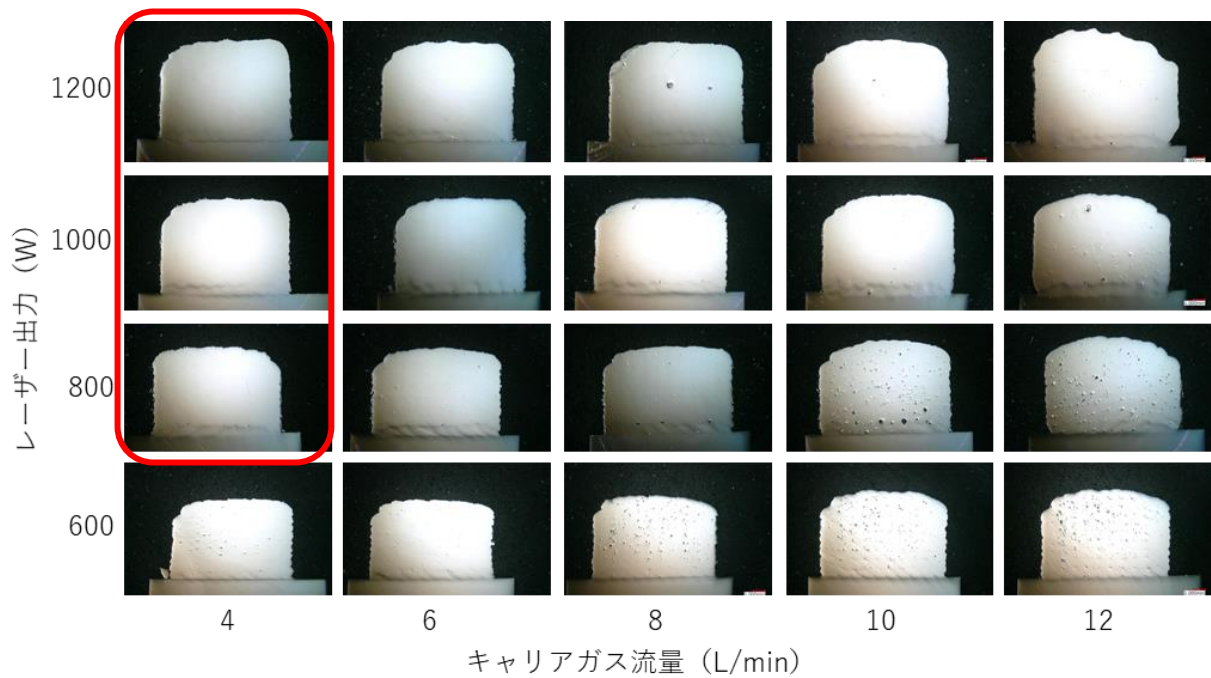


図 4 ブロック造形断面写真

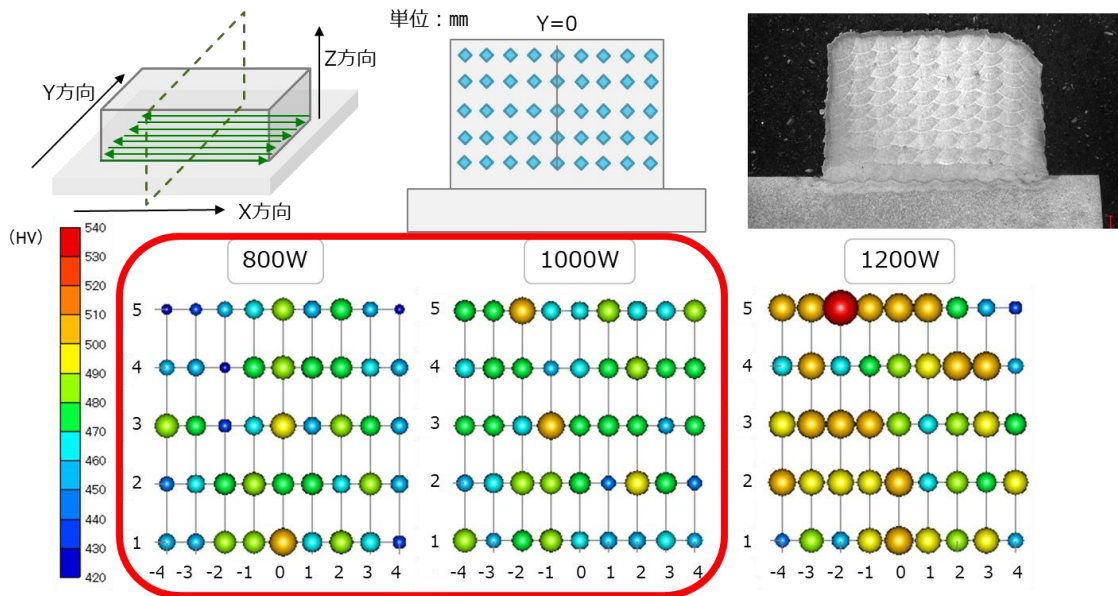


図 5 ビッカース硬さ分布

### 3.3 ニアネットシェイプ

3.1でキャリアガス流量を4L/minと決定し、レーザー出力は800～1000Wの間と推定した。ニアネットシェイプを行う際にビード幅を2mmにするため、レーザースポット径をφ2.4mm、出力を1000Wとすることで、エネルギー密度が上記に適合するようにレーザー出力に決定した。実際の造形物の写真を図 6に、その造形物を3Dスキャナで撮影したデータとCADデータとの偏差を調べた結果を図 7に示す。なお、DED方式では後加工を想定し、削り代を設けるのが一般的かもしれないが、今回は後加工無しの状態を調べるため、削り代無しで造形している。

これらの結果から輪郭はCADモデルに近い形状となっていることが分かるが、高さ方向に関しては、狭い領域や

縁の部分においてCADモデルよりも高く造形されていることが分かる。これは、走査パスの工夫で軽減されることが考えられるが、狭い領域のように細かくパスが動く部分に関しては、指定した走査速度まで達しないなどの影響も残る。走査パスが指定した速度に達しないということは、その部分に関しては実質粉末供給量が増加することを意味する。そのため、高さ方向が大きくなる。

金型に使用されるような硬い材料では割れが発生しやすい中、表面上は亀裂が確認されなかったため、今回の造形条件はおおよそ適切に導出できていたと考えられる。今後は内部の亀裂や欠陥も確認する必要があるかもしれない。

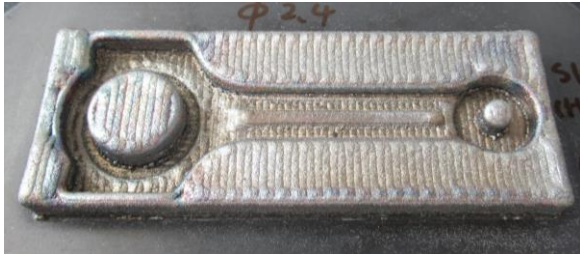


図 6 模擬金型造形写真(造形時間約56分)

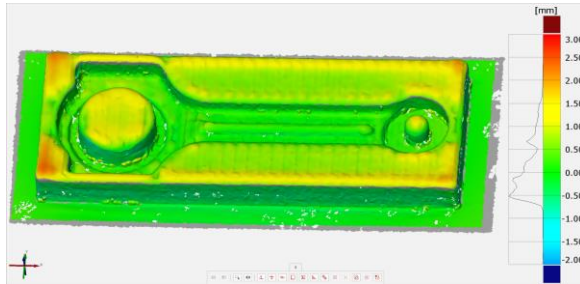


図 7 CADモデルとの偏差

### 3.4 引張試験による機械的特性の調査

引張試験による応力とひずみ(ストロークから算出)のグラフを図 8に示す。今回の実験では比較のために、SUS316Lの板材(圧延)を購入し、それをダンベル形状に加工したものを試験した結果も併せて載せている。また、それらの引張強さおよび破断伸びの平均値を表 5に示す。

これらの結果より、金属3Dプリンタで造形した試験片は購入板材に比べて伸びが小さくなっていることが分かる。JIS G4304(熱間圧延規格値)およびJIS G5121より、金属3Dプリンタで造形した場合、 casting(SCS16)以上の強度や伸びであることが分かる。

また、特徴的な部分として、引張方向積層は購入板材に比べて20%以上耐力点が高くなっていることが分かる。このメカニズムについては今後さらに調査をしていく。

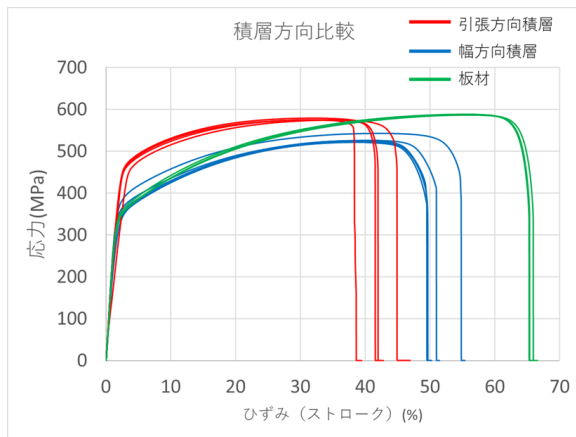


図 8 応力-ひずみ線図

表 5 引張強さおよび破断伸びの各平均値

	引張方向積層	幅方向積層	購入板材
引張強さ (MPa)	576	528	588
破断伸び (%)	34	42	52

## 4 まとめ

本年度は、工具鋼を用いた簡易形状造形およびニアネットシェイプ、SUS316Lを用いた走査パスによる機械的特性の変化の調査を行った。

金型に使用されるような硬い材料では割れが発生しやすい中、適切な条件を調査することで、表面上は割れを発生させずに、金型を模擬した造形が出来た。高さ方向の偏差が大きいため、今後その対策も検討していく。

機械的特性を調べるために引張試験を行ったところ、走査パスにより引張強さや伸びが異なることが分かった。これにより、積層方向を変えることで機械的特性をコントロールすることが期待される。また、引張方向積層にて見られた耐力点の向上のメカニズムなど、今後さらに調査を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 滋賀県工業技術総合センター令和元年度(2019年度)業務報告 p85-88
- 2) 三菱重工技報 Vol.55 No.3 (2018) インダストリー & 社会基盤特集

# 高感度蛍光検出技術を応用したタンパク質状態を評価する技術開発 タンパク質変性の有無を簡便に評価できる新測定法開発(第2報)

白井 伸明\*  
SHIRAI Nobuaki\*

岡田 俊樹\*\*  
OKADA Toshiki\*

**要旨** 食品中のタンパク質は、加熱や酸・アルカリによるpH変化などにより立体構造・状態が変化し、加工、栄養、アレルギー性等に影響がある。タンパク質構造を調べる従来からの研究手法として電気泳動法を初め様々な技術があるが、測定・評価には長時間を要したり、手技が複雑であったりと簡便なものではない。そこで、抗原-抗体の特異的な結合反応と蛍光相関分光(FCS)測定法を利用して比較的簡単・短時間で調べることができる方法の開発を目指した。本研究では、FCS測定原理と類似性がある動的光散乱(DLS)測定法との比較検討、牛乳タンパク質をモデル材料として構造変化を認識する抗体の選定を行った。

## 1 はじめに

これまで、食品の微生物検査や環境分析などの分野での利用を目的に、高感度蛍光検出技術を応用する研究開発を行ってきた。過去の研究では、蛍光分子を1分子単位で検出ができる小型の蛍光相関分光(FCS; Fluorescence correlation spectroscopy)測定装置の測定方法とデータ解析法を工夫する超高感度蛍光分子検出技術の開発に取り組んできた。デスクトップPCサイズの装置を使い $10^{-12}$ Mまでの定量検出<sup>1)</sup>やウイルス1粒子検出法の開発に成功してきた<sup>2)</sup>や。その後、食品衛生検査や環境分析で利用できるように微生物が生産するタンパク質やペプチドを検出することで、比較的簡便で短時間に微生物の検査にも応用できることを示し、コストや操作性について実用化を評価するために測定キットの試作を行った<sup>3)</sup>。しかし、実用化についての協力企業や技術導入に関心が持つ企業からの意見では、遺伝子検査法であるPCR法との競合において、時間と操作性の簡便さの優位点があっても、実用化について比較されることがあった。そこで、遺伝子を増幅して細菌やウイルスの存在を調べるPCR法と競合しない用途の検討を行うこととした。ここで、食品産業界での近年の市場、研究開発の実態に目を移すと、「機能性食品」について研究開発が活発で、市場の急速な拡大が見取れる。機能性食品については、製品に機能性の表示ができる「保健機能食品」として以下の3つのカテゴリーに分類される。1「特定保健用食品」いわゆるトクホ、2「栄養機能食品」、と3「機能性表示食品」に分類されるが、3の機能性表示食品は、平成27(2015)年に登録受付が開始されてから短期間に登録受理される製品の種類・品数が増え<sup>4)</sup>、売り上げも毎年の増加がみられ、これが機能性食品の市場拡大をけん引している。ここで、「保健機能食品」についての分類や登録・制度面での解説には触れないが、表示制度を所轄する消費者庁HPなどを参照して頂くと非常に

分かりやすい説明と現状の製品リストの最新情報を入手できる。これまで急速に市場を伸ばしている「機能性表示食品」に注目したところ、2020年3月時点で消費者庁による受理数は約2800品目、そのうち生鮮食品は62品目と極めて少なく、温州みかんに集中していることが見て取れる<sup>5)6)</sup>。これは、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の杉浦らの研究報告が科学論文データとしてまとまっており、 $\beta$ -クリプトキサンチンの機能性を科学的に証明し、さらに機能性発揮のために必要な量がみかん果実中に含まれることを簡便測定しバラつきを評価する方法も確立されていることが他の生鮮食品、農産品との違いと考えられる。つまり、新しい機能性食品が世に出て制度面からも認められるためには、機能性成分の測定技術が、あまり複雑であると企業などが実用化に取り組むためのハードルとなる。

本研究の計画段階で牛乳や鶏卵などの農産品を調べたところ、日本では、価格・栄養価とも安定優良なタンパク質源である食品として長期にわたり君臨しているが、これは小規模の生産者や付加価値の面からは、非常に厳しい状況であるとの声を聞いた。例えば、地域の小規模牧場では、市場で流通する大手乳業メーカー製品との価格競争には、まったく歯がたたないことから味や風味により消費者への訴求を行うことができる低温殺菌乳や自家製のヨーグルト、チーズ、アイスクリームなど加工品の開発、牧場での生産現場での体験と製品加工・製造と販売を組み合わせ、いわゆる6次産業化に活路を求めている事業者がある。

さらに小規模事業者には、自分たちが非常に手間ひまかけた、こだわりの逸品であることを“美味しさ”や“風味”という官能評価による説明以外に、科学的で客観的な製品評価を行いたいという要望がある。本研究では、最終的には、タンパク質の構造や状態が熱や酸・アルカリなどpH変化などで容易に変性することに注目した。新鮮さ、あるいは本来のタンパク質が持つ機能性が構造とともに変性しているか否かを評価するためには専門的な研究者でなくて

\* 有機材料係 \*\*食品・プロダクトデザイン係

もタンパク質の構造を食品会社などの現場で測定ができる評価法が必要として本研究に取り組むこととした。

まず、昨年度には、従来から確立されている研究手法で、牛乳タンパク質の状態を調べモデル材料として扱う条件検討を行った。本研究では、タンパク質の構造(熱などの変性)や状態(分子間の会合や凝集形成)を調べるために、抗原-抗体の特異的結合と比較的簡便なFCS測定を利用した技術開発を行うことを最終目的としているが、FCS測定原理と解析法に類似性をもつ動的光散乱(DLS)測定法での検討、および牛乳タンパク質をモデル材料として構造変化を認識、結合する抗体の選定を行った。

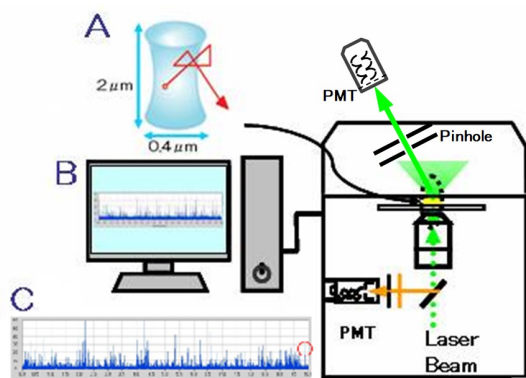


図1 蛍光相関分光 (FCS) 測定と動的光散乱 (DLS) 測定光学系の概略 FCS測定は、レーザー光源、ダイクロイックミラー、対物レンズ、カットオフフィルター、ピンホールとPMT (光電子倍增管) から構成される (レンズより下側の構造)。一方、DLS測定は、レーザー光源、対物レンズ、ピンホールとPMTにより構成される (レンズより上側の構造)。対物レンズ近くのサンプル中の共焦点領域 (A) を通過する1分子/粒子からの蛍光発光か散乱光を超高感度に測定する。時間に対する光強度の変化は、「ゆらぎ」として検出され (B、C)、自己相関関数による解析が出来ることも類似する。

## 2 実験材料・操作

### 2.1 生乳入手と遠心処理による乳脂肪除去

加熱前の牛乳である生乳は、市販されることがないため、滋賀県畜産技術振興センター(蒲生郡日野町)と、山田牧場(甲賀市信楽町)の好意により少量の試験サンプルとして分与いただいた。生乳中に脂肪球の状態に含まれる乳脂肪を除去するため、1.5mLのエッペンドルフチューブで遠心分離処理(10,000g×10min)を行い、上層に生じるクリーム層を除いたものを遠心後乳清として以降の試験に利用した。その他の実験に用いた試薬として、緩衝液の調整には  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 、Triton X-100(富士フィルム和光純薬株, 大阪)、Tween®20(東京化成工業株, 東京)、SDS(sodium lauryl sulfate)とNaCl(ナカライテスク株, 京都)を使用した。

### 2.2 DLS測定によるタンパク質サイズ評価

本研究の最終目標は、タンパク質が熱などにより構造変化、あるいは凝集のような状態の変化を構造認識する特異的な抗体との結合反応をFCS測定による比較的簡便に調べる手法を確立することにある。FCS測定は、検出/評価対象の分子に適切な蛍光ラベルをする必要がある。一方、FCS測定との測定原理に類似点があることから、しばしばDLS測定でも同じような評価が可能でないかと指摘されることがあった。そこで、現在、乳タンパク質分子の加熱変性、状態変化を調べる適切な抗体選定するための検討を行っている間に、DLS測定でタンパク質サイズの測定、評価を行った。材料には、入手しやすいウシ血清アルブミン(BSA)、卵白リゾチーム(LZM)を使用した。2種類のタンパク質は、まず1×PBS(phosphate buffered saline, Sigma-Aldrich, Co., 米国Mo)に濃度1.0mg/mLとなるよう溶解させ、凝集防止のため少量の界面活性剤を添加し、溶け残りや凝集体を除去するため遠心(10,000g×10min)とフィルター過(0.45 μm)処理を行い、測定直前まで冷蔵保存した。DLS測定には、ELS-Z(大塚電子)を用い、石英製セルを使用し、25°Cの恒温条件で、測定回数100回の後、マルカート(Marquardt)法でサイズ分布解析を行った。

### 2.3 抗体の選定

生乳から加熱処理により、構造・状態の変化を受けた牛乳タンパク質を検出するために必要な抗体を選定する検討をおこなった。まずは、目標とするタンパク質/生乳/遠心後乳清を使用してドットプロット法により抗体の結合特性を調べた。抗原として乳タンパク質そのものあるいは、生乳、遠心処理により乳脂肪を除いた遠心後乳清を1×PBSで希釈列をつくり、PVDF製のブロッティング用膜(BioRad #162-0184)に1スポット=1 μLを滴下し、0.5%BSAを含むブロッティング液に移したのち、1次抗体として検討する抗体を0.125から2 μg/mLの濃度で添加し、室温で攪拌しながら結合反応を十分におこなった。1次抗体の洗浄後、2次抗体として、ポリクローナル抗体には、抗IgG抗体を、モノクローナル抗体には、抗マウスIgG H&L抗体を0.2 μg/mL濃度で反応させた。洗浄の後、発色液を加え目的タンパク質と抗体との反応性を評価した。

## 3 結果と考察

### 3.1 生乳の遠心処理による脱脂乳清の調製

昨年度の研究では、まず牛乳に含まれるタンパク質の構造、状態が殺菌や調理のための加熱により構造あるいは状態が変化することを未加熱の生乳から実験室での加熱を行い、モデル材料として扱う条件検討を行った。その後、加熱処理を生乳から行うと、エッペンドルフチューブに脂肪層が付着あるいは膜形成されることがある。そこで、乳タンパク質の評価の阻害となりそうな乳脂肪球/脂肪成分を除去するために遠心処理の条件検討を行った。10,000g×10minの処理で、チューブ内での見た目、およ

び顕微鏡観察でも大半の脂肪球成分を分離することが確認できた。この後、乳タンパク質と特異的に反応する抗体を選定するドット-プロット法では、遠心処理した「遠心後乳清」を使用した。

### 3.2 DLS測定によるタンパク質サイズ評価

DLS (Dynamic Light Scattering; 動的光散乱)法は、粒子サイズ測定に広く利用される測定技術であり、牛血清アルブミン (BSA) と卵白リゾチーム (LZM) を1.0mg/mL濃度で1×PBSと少量の界面活性剤と還元剤2-メルカプトエタノールで完全に溶解させてDLS法でのタンパク質サイズの評価を行った。測定結果のヒストグラム(図2)を見ると、BSAとLZMのどちらのタンパク質でも既知の分子サイズから想定される粒子サイズとならず、また強い散乱光を検出する影響を受けていた。これは、肉眼や光学顕微鏡での測定前の観察ではわからないが、凝集体が少量含まれているためだと推察される。つまり、DLS法による特定タンパク質のサイズ測定は、理想的なタンパク質溶液状態でも正しい測定には、サンプル調製や凝集体形成の防止に工夫が必要である。まして、牛乳など食品での混合系での測定への応用はむづかしい。

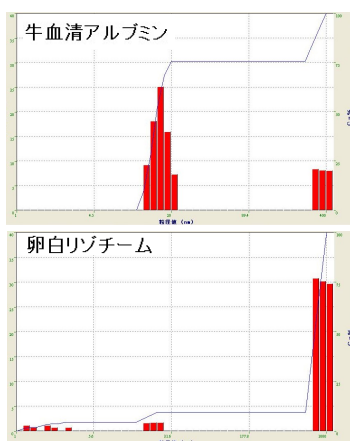


図2 DLS法によるタンパク質サイズ測定

DLS (動的光散乱)測定法は、粒子サイズ測定に広く利用される測定技術であり、牛血清アルブミン(上)と卵白リゾチーム(下)を1mg/mL濃度で他の成分を含まない状態でも測定結果は、想定されるサイズとならず、また微量に含まれる分子が集まった凝集成分からの散乱シグナルの影響を強く受けることがわかる。

### 3.2 乳タンパク質に結合する特異抗体の選定

生乳から加熱処理により、構造・状態の変化を受けた乳タンパク質を簡便に検出するために必要な結合特性をもつ抗体を選定する検討をおこなった。結合対象として目的の乳タンパク質、無加熱・無調整の生乳、遠心により脂肪球を除いた遠心後乳清をプロット用のPVDF膜に直接滴下し、1次抗体にポリクローナル抗体、モノクローナル抗体を反応させ、適切な2次抗体により発色反応を行った。以下の結果に例を示すように、全く結合していない(図3の上)結果と、すべての滴下した生乳、遠心後乳清にも

結合している(図3の下)結果が得られた。現在、この結果をポジティブコントロール、ネガティブコントロールとして、ドット-プロット法の試験条件を確立し、加熱変性処理した生乳等と他のモノクローナル抗体との結合特性を調べ、FCS測定に利用できる良好な抗体選定を実施している。



図3 ドット-プロット法による乳タンパク質への特異結合抗体の選定

検出目的タンパク質(上)、生乳(中)、遠心後乳清(下)から希釈列を作成し、各1μLをPVDF製膜に滴下し、1次抗体に特異結合を調べる抗体を使用し、適切な2次抗体で発色反応を行った。ここでの結果は、モノクローナル抗体(上の膜)は、結合しないことを、またポリクローナル抗体(下の膜)は、生乳および、遠心後乳清とも結合している例を示した。

### 参考文献

- 1) 白井伸明、岡田俊樹、西矢芳昭、長谷川慎 et al. 小型測定装置 FCS を用いた高感度蛍光1分子検出のための測定法の検討 BMB2008 (第31回日本分子生物学会年会・第81回日本生化学会大会合同大会、神戸市)
- 2) 白井伸明、武居修、伊藤正恵、長谷川慎 et al. 検疫用迅速高感度なインフルエンザウイルス検査技術の開発 第85回日本生化学会大会2012 (福岡)
- 3) 白井伸明、岡田俊樹: 滋賀県工業技術総合センター平成30年度(2018年度)業務報告
- 4) 第2回機能性表示食品等に関するアンケート調査最終報告書、(一社)健康食品産業協議会 令和2年(2020年)6月
- 5) 機能性表示食品の届出情報検索 <https://www.caa.go.jp> 消費者庁HP
- 6) 5年目を迎えた機能性表示食品制度と農林水産物での活用、Functional Food Research Vol.16(2020)

# 高分子複合材料の物性向上に関する研究 — CNFによる生分解性プラスチック補強の検討 — (第一報)

大山 雅寿\*  
OYAMA Masatoshi\*

**要旨** 生分解性樹脂は今後の用途拡大が検討されているものの、強度や繊維との複合化などに課題を有することがある。本研究では、生分解性樹脂の物性向上を目的に、ポリブチレンアジペートテレフタレート(PBAT)とセルロースナノファイバー(CNF)の複合材料作製方法の検討と粘弾性や強度試験などの物性評価を行った。その結果、CNFの水酸基をアジピン酸およびテレフタル酸で化学修飾することでPBATへの均一分散を達成し、柔軟な材料から硬くて強い材料へ変換することができた。

## 1 緒言

フェノール樹脂が発明されて以降、用途に合わせた様々な特性を有する多種のプラスチックが開発され、多様な分野へ用いられてきた。特に我々が身近に触れうる容器や包装といった汎用品分野においては、プラスチックの特徴を生かした生産性の高さや必要十分な物理特性、易成形性などを背景にプラスチックが広く採用されることとなり、現在に至っている。プラスチックは我々の生活の質を大幅に向上させてきた側面があるものの、その一方で普及拡大に伴って地球温暖化や適切に廃棄処分されない大量のプラスチック廃棄物の問題などが指摘されてきた。特に近年、地球規模の環境変動の顕在化に呼応する形で、これらの問題を解決するための早急な対応が求められている。

ここで、プラスチックの性質のうち環境問題を引き起こす原因となるものは、大量の化石燃料由来原料を使用する点、および自然環境中への散逸時に長期に残りうるという点である。この点を解決するために、近年バイオプラスチックが再び脚光を集めている。バイオプラスチックはバイオマス原料から作られたバイオマスプラスチックと生分解性を有する生分解性プラスチックを合わせた総称であって、前者はカーボンニュートラルの性質を持つことから主に地球温暖化に、後者は環境中で分解されることから廃棄物問題に寄与すると考えられている。

以上の状況をふまえ、本研究では生分解性プラスチックと、生分解性素材であるセルロースナノファイバー(CNF)の複合材料を開発し、工業利用に耐える生分解性コンポジット材料の可能性を調査する。生分解性プラスチックを用いた工業製品は徐々に普及しつつあるものの、従来のプラスチックと比較してコストが高いことに加え物理特性にやや劣る側面があることから、本格的な普及にはまだ研究の余地がある。他方、CNFはセルロース単繊維(マイクロフィブリル)の束より構成される生分解性素材である。地球上に広く存在する植物は、主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンより構成されている。植物の40%を占めるセルロー

スはβ-グルコース分子が直鎖上に重合した高分子であり、数十本の分子鎖が水素結合によって並列に配置することで、幅数ナノメートルのマイクロフィブリルを形成する。このマイクロフィブリルがさらに幅数十ナノメートルに集合したものがCNFである。CNFは我々の身近にある植物材料から製造可能である一方で、鋼鉄の5倍の比強度を持ちながら5分の1の軽さという工業素材として特筆すべきポテンシャルを有することから、国土の65%以上が森林である日本にとって極めて有望な素材である。そこで、本研究では生分解性樹脂の物性向上による使用範囲の拡大を目標に、生分解性素材同士を組み合わせた複合材料の開発を試みる。本報では、生分解性樹脂としてポリブチレンアジペートテレフタレート(PBAT)を用い、化学修飾を施したCNFとの複合化を試みたのでこれを報告する。

## 2 実験

### 2.1. 化学修飾CNFの作成

CNFは市販の微小繊維状セルロース水溶液(ダイセルファインケム株式会社製 KY-100G)を用いた。CNF水溶液をガラス容器中に入れ、アセトン(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)を加えて攪拌後、一日静置した。吸引ろ過をしながらアセトン、トルエン(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)で洗浄後、ある程度CNFが湿った状態になった時点でガラス容器に移し、そこにトルエンを加えて一日静置した。ここに、アジピン酸ジクロリド(Sigma-Aldrich Co. LLC製)もしくはテレフタル酸ジクロリド(東京化成工業株式会社製)、およびトリエチルアミン(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)を、[CNF]:[アジピン酸ジクロリドもしくはテレフタル酸ジクロリド]:[トリエチルアミン]=10mol:1mol:2molとなるように加え、75°Cで攪拌した。6時間後に加熱を止め、反応物をアセトン、トルエンで吸引ろ過をしながら洗浄することで、アジピン酸変性CNF(A-CNF)およびテレフタル酸変性CNF(T-CNF)を得た。

\* 有機材料係

## 2.2. CNF複合材料の作製

140℃に設定した加熱ニーダー(株式会社トーシン ラボニーダーミルTDR-100-3)にPBAT:ポリブチレンアジペートテレフタレート(BASF社製 エコフレックス)を加え、PBATが熔融するまで混練した。その後、2.1.で作製した化学修飾CNFを10wt%となるよう計量して加え、120rpmで10分間混練し、複合物を得た。得られた複合物を真空乾燥機(ヤマト科学株式会社製 真空低温乾燥機DP33)中80℃で7時間乾燥後、卓上熱プレス機(株式会社テクノサブライ製 G-12型)を用いてシート厚みが約200 μmとなるようシート化した。成形温度は140℃、余熱時間2分、成型時間1分とした。

## 2.3. CNF複合材料の評価

### 2.3.1. 化学修飾CNFの反応評価

2.1.で得られたA-CNF、T-CNFおよびCNFを、吸引ろ過を行いながらエタノール(フィルム和光純薬株式会社製 特級)およびイオン交換水で洗浄し、乾燥機(三洋電機株式会社製 MOV-202F)中105℃で2時間乾燥後、赤外分光光度計(PerkinElmer, Inc.製 Spectrum One)を用いて測定を行った。測定は一回反射ATR、測定波数範囲4000~650cm<sup>-1</sup>、積算回数4回で実施した。また、この試料について、電子顕微鏡(株式会社日立サイエンスシステムズ製 SEMEDX3TypeN)を用い、元素分析を行った。

### 2.3.2. PBAT/CNF複合材料の熔融挙動評価

2.2.で得られた複合材料シートを用い、レオメータ(TA Instruments, Inc.製 DHR-2)にて周波数分散測定を行った。測定プレートは上下とも直径8mmの平行プレートを用い、測定ギャップ1mm、歪0.1%、温度範囲130~220℃/10℃毎、周波数範囲0.1~100rad/sとした。

### 2.3.3. PBAT/CNF複合材料の動的粘弾性挙動評価

2.2.で得られた複合材料シートを用い、DMA(TA Instruments, Inc.製 Q850)にて温度分散測定を行った。測定はシート用ジグを使用し、歪0.5%、周波数1Hz、温度範囲-50~180℃、昇温速度2℃で測定を実施した。

### 2.3.4. PBAT/CNF複合材料の引張強度評価

2.2.で得られた複合材料シートを用い、引張試験機(株式会社島津製作所製 EZ-S)にて強度測定を行った。試験片は幅5mmの短冊状、つかみ具間隔15mm、引張速度50mm/minとし、各水準5回測定し、その平均値をデータとして採用した。また、弾性率は曲線の最大傾きをもって算出した。

## 3 結果および考察

### 3.1. CNFの化学修飾について

2.3.1.で得られた結果を図1に示す。A-CNF、T-CNFともに1740cm<sup>-1</sup>近傍にCNFには存在しないカルボニル基由来のピークがあることから、CNFにアジピン酸ジクロリドもしくは

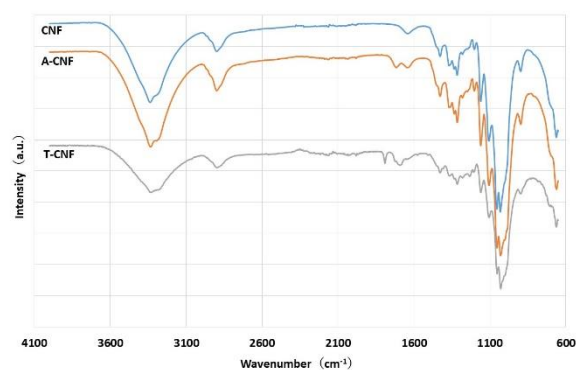


図1 化学修飾CNFのIRスペクトル

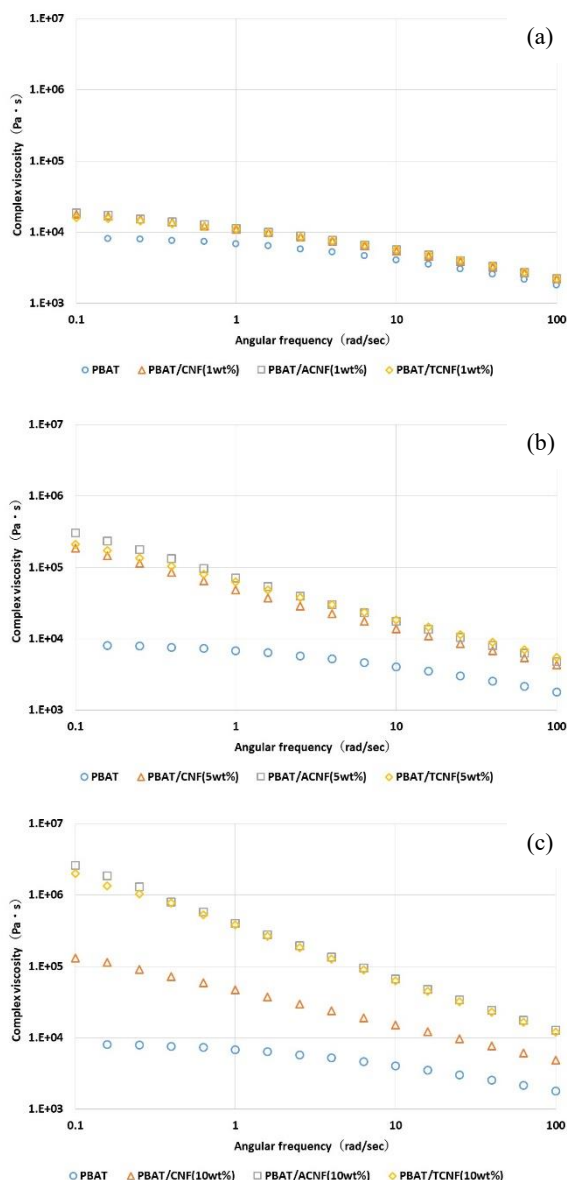


図2 160℃におけるPBAT複合材料の熔融粘度  
(a)1wt% (b)5wt% (c)10wt%

はテレフタル酸ジクロリドが反応していることが確認できた。また、両者とも電子顕微鏡を用いて含有元素分析を行ったところ塩素が検出されなかった。アジピン酸ジクロリドもしくはテレフタル酸ジクロリドとも両末端に存在する塩素が

セルロースの水酸基の反応しうる。元素分析の結果より、アジピン酸ジクロリドもしくはテレフタル酸ジクロリドとも反応残の塩素は存在せず、片端もしくは両端がセルロースと反応していることを確認した。

### 3.2. PBAT/CNF複合材料の粘弾性挙動について

2.3.2.で得られた160°Cにおける結果を図2に示す。CNFを含まないPBATと比較し、PBAT/CNFは複素粘度が上昇

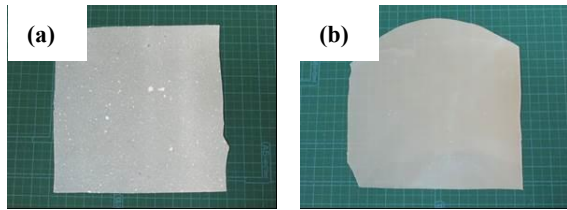


図3 PBAT複合材料の外観 (a)PBAT/CNF(10wt%) (b)PBAT/ACNF(10wt%)

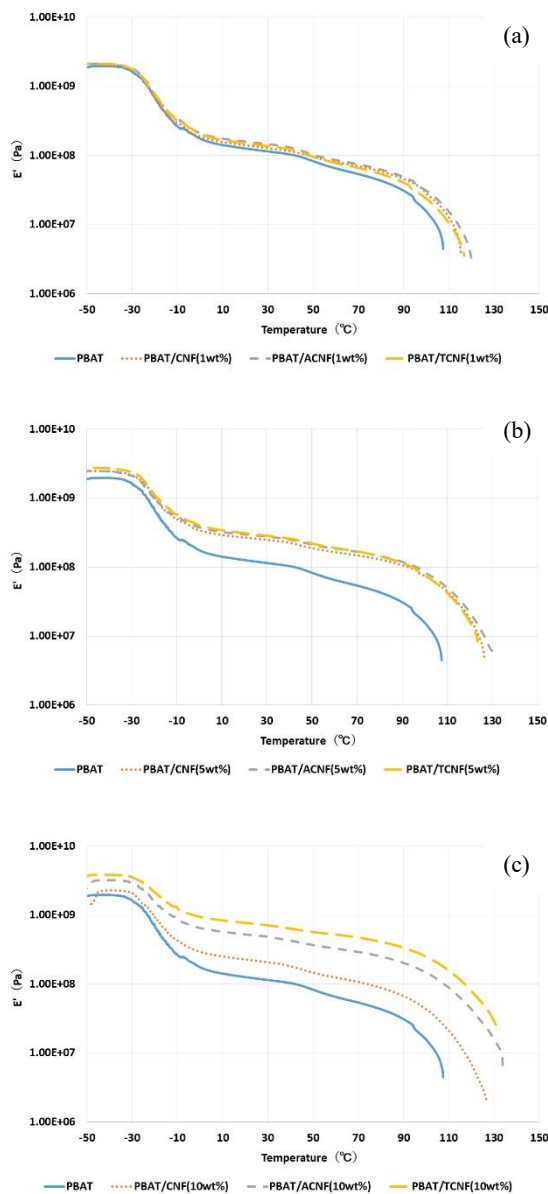


図4 PBAT複合材料のDMA測定結果 (a)1wt% (b)5wt% (c)10wt%

し、PBAT/A-CNFおよびPBAT/T-CNFではさらに複素粘度が上昇している。各試料の外観を図3に示すが、PBAT/CNFは分散不良に伴う塊状CNFが存在するのに対し、PBAT/A-CNFおよびPBAT/T-CNFは見かけ上の塊は存在せずCNFが均一に分散している。このことから、均一分散によるCNF同士の絡み合い増加が樹脂の熔融粘度増加に影響を及ぼしているものと考えられる。また、A-CNFおよびT-CNFともに熔融粘度に大きな差はみられなかった。大変形挙動下では、マトリックス樹脂であるPBATと両者の相互作用と比較し、CNFの絡み合いによる増粘作用の影響の方が大きいため、差異がみられなかったものと思われる。

次に、2.3.3.で得られたDMAの結果を図4に、2.3.4.で測定した引張試験の結果を図5示す。DMAより、PBAT単体は110°C以降樹脂が形状を保たないために測定ができないのに対し、CNF複合材料系は110°C以降も形状を保ち測定が継続している様子が確認できる。また、常温域においてT-CNFの貯蔵弾性率はCNFに対し3倍、A-CNFは1.5倍程度増加している一方で、引張試験の結果からはA-

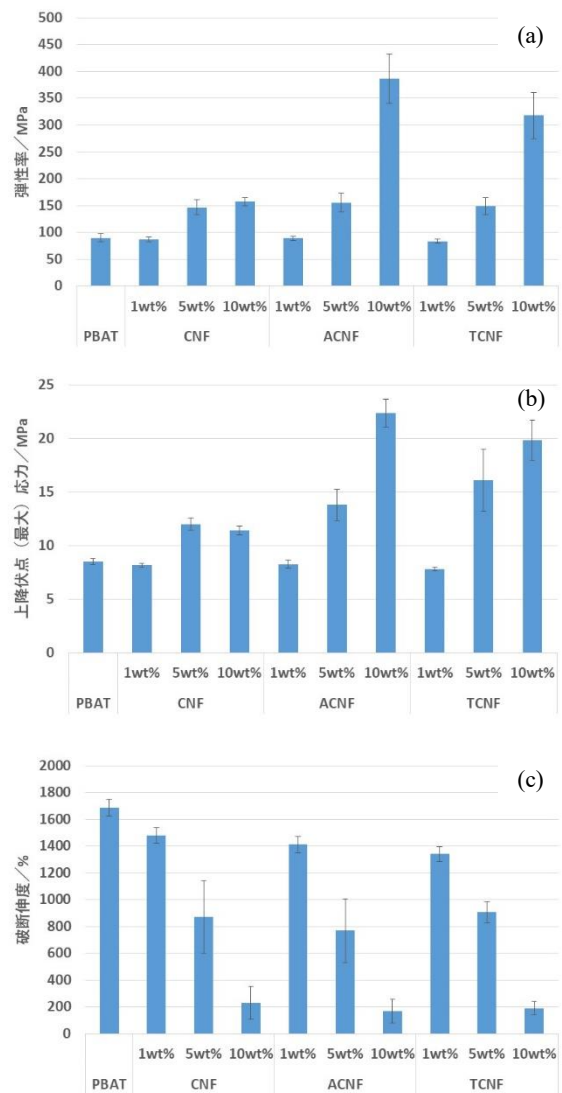


図5 PBAT複合材料の引張試験結果 (a)弾性率 (b)上昇伏点/最大応力 (c)破断伸度



CNFの方がT-CNFより高い弾性率を有する結果となっている。この点について、サンプル間のばらつきも考えられるが、DMAは線形範囲、引張試験機は非線形範囲の測定であることを考慮すると、PBAT中におけるそれぞれの繊維の分布状況や広がり方などが影響している可能性がある。

#### 4 まとめ

市販のCNFをアジピン酸ジクロリドおよびテレフタル酸ジクロリドを持って化学修飾を行った。この化学修飾CNF (ACFNおよびTCNF)を用い、PBATをマトリックス樹脂として加熱ニーダーを用いて複合化を行った。卓上プレス機を用いてシート化を行ったところ、化学修飾を行っていないCNFはフィルム中で多数の凝集体が確認できたのに対し、化学修飾CNFを用いた複合材料は目視で凝集体がみられない均一なフィルムとなった。得られたフィルムを用いて各種物性評価を行った結果、CNF、ACNF、TCNFとも5wt%までの含有量で補強強化に大きな差はなかったものの、10wt%添加時するとCNFと比較してACNF、TCNFは大きな補強効果がみられた。レオメータ測定による増粘挙動を見ると、PBAT中へのCNF均一分散による繊維同士の絡み合いが影響しているものと推察される。

# 炭素系ナノ繊維の精製技術の開発（第1報）

安達 智彦\*

ADACHI Tomohiko

**要旨** 炭素系ナノ繊維の一種である「ナノカーボンファイバー」は、数 100nm のファイバー径を持つファイバー素材で、キャパシタ用電極の導電補助剤として応用が検討されている。しかし個々のファイバーの長さもバンドル（複数のファイバーが絡み合った）状態もまちまちなため、導電補助剤として適したシングル（バンドル無し）で長いファイバーの比率が低いことが解決すべき課題となっている。本研究では、このナノカーボンファイバー中から導電補助剤として適した 50 $\mu\text{m}$  を超えるファイバーや強化樹脂用の 10 $\mu\text{m}$  以下の短いファイバーを分離・精製することを目的に、静置法による分離を行い、電子顕微鏡を用いて、バンドル数、ファイバー径、長さ等について評価を行った。その結果、静置法では 10 $\mu\text{m}$  以下のシングルファイバーを分離することができる一方で、50 $\mu\text{m}$  を超えるシングルファイバーの分離は難しいことが分かった。

## 1 はじめに

炭素系ナノ繊維材料である「ナノカーボンファイバー（NCF）」は、ポリアクリロニトリル（PAN）溶液を微細なノズル穴からジェット気流に乗せて噴霧してできた極細繊維をもとに作製される。NCFは、極細PAN繊維を不融化したのち、不活性雰囲気中で熱処理して作製される。これまでの研究では、NCFはノズル穴の径やPAN溶液の濃度などの要因でファイバー径を制御でき、ファイバー径 500nm と 200nm のNCFを作製することに成功している。

NCFを精製する理由の一つとして、理想とする 1本の独立したファイバー（シングル）以外の不要なNCFが含まれることが挙げられる。その形状はノズルから吐出されたPAN繊維がジェット気流の中で絡み合い毛玉状になったもの、複数の繊維が絡まり束状の繊維塊（バンドル）になったもの、さらにノズルからPAN溶液が液滴状で吐出されたことで生じる塊状のNCFなどがある。これらを除去することがNCF利用には不可欠である。第2の理由として、NCFには 100 $\mu\text{m}$  を超える長いファイバーと、数  $\mu\text{m}$  という短いファイバーが混在することが挙げられる。NCFは用途ごとに必要な長さが異なり、導電補助剤として使用する場合は長いファイバーが、樹脂の強化繊維として使用する場合は短く揃ったものが求められている。

本研究では、この長さがまちまちなNCFから用途ごとに適したサイズを分離・精製することを目的に、静置法による分離を行った。サイズの評価は、分離後のNCFを電子顕微鏡で観察し、観察像からバンドル数、ファイバー径、長さ等を測定し、分離効果の評価を行った。

## 2 実験方法

### 2.1 静置法によるファイバーの分離実験

実験に使用したNCFは株式会社大木工藝より提供を受けた。このNCF約 0.05g と 10cc のエタノールを 25mL ビーカーに入れ、超音波洗浄機にて 5 分間の超音波分散を行った。分散後、ビーカーの底にNCFの一部が沈殿していたため、上澄みのNCF分散液のみを 15mL の遠沈管に移し入れ、液量を 15mL になるようにエタノールを追加した。なお沈殿したNCFを顕微鏡で観察したところ、毛玉状の繊維塊のように大半がファイバー形状以外のNCFであった。

15mL のNCF分散液を入れた遠沈管を、改めて超音波洗浄機にて 5 分間の超音波分散を行い、遠沈管立てに静置した。静置直後（0 分）に液面から 5mm のところからスポイトで約 0.25cc を分取し、多孔質シートに滴下した。多孔質シートを使用することで、エタノールは速やかに多孔質層に吸収され、NCFがシート上に固定される。同様のサンプリングとNCFの固定を、静置時間 5 分、20 分、180 分で実施した。

### 2.2 NCFの形状観察とサイズ測定

2.1 で作製したNCFを固定した多孔質シートにPt蒸着を施し、走査型電子顕微鏡にて観察を行った。

ファイバーの形状評価は、ファイバー長、バンドル数（束状繊維塊を構成するファイバーの本数）、ファイバー径に対して実施した。ファイバー長の平均値およびサイズ分布測定は、約 500 本のファイバーを無作為に抽出し、その長さやバンドル数を測定することで実施した。ファイバー径はバンドルを含む約 50 本のファイバーを無作為に抽出し、同様に平均値とサイズ分布を測定した。

\* 無機材料係

### 3 結果と考察

#### 3.1 電子顕微鏡観察の結果

図1に、静置時間0分と180分における、多孔質シート上に固定したNCFの電子顕微鏡写真を示す。静置時間0分では100 $\mu\text{m}$ 程度の繊維塊が散見されるのに対し、180分では繊維塊が見られなかった。静置法は液中の重量で分離・精製するため、これら繊維塊が沈殿し分散液中から除かれたためであると推測される。

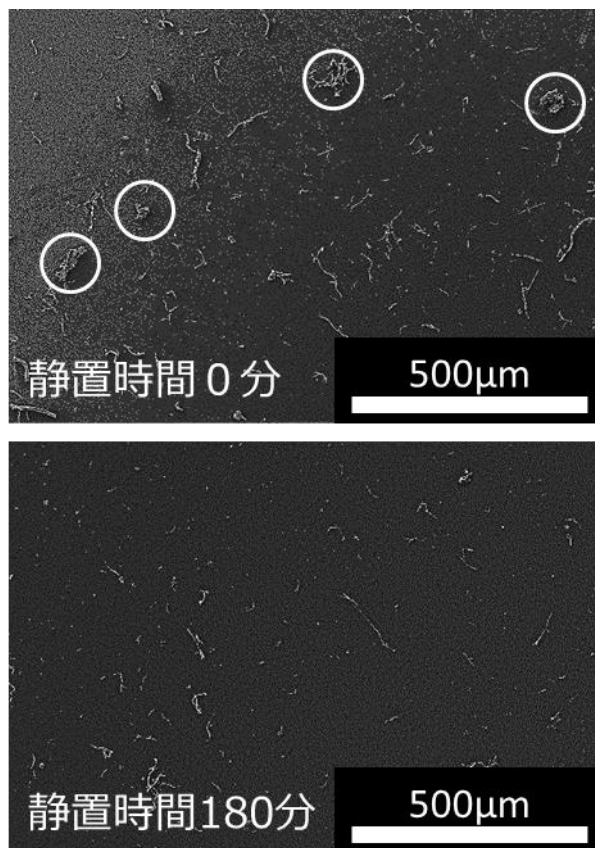


図1：静置時間0分(上)および180分(下)のNCFの電子顕微鏡写真。上図○の内が繊維塊。

図2に、NCFのバンドルの電子顕微鏡像を示す。本研究で使用したNCFには、1本だけで独立したファイバーで存在する「シングル」と、前述のようにファイバー作製段階で複数の繊維が絡み合い1本にまとまった「バンドル」と呼ぶ繊維塊を形成したものの両方で構成されている。これらバンドルは、溶液状態から吐出された直後のPAN繊維同士が接触してできているため、ファイバー間の密着力が強く、簡単にほぐすことはできない。現状で採用するファイバー作製方法では、こうしたバンドルを形成させないようにすることは難しいため、分離・精製が必要となる。

複数のシングルファイバーを電子顕微鏡で観察した結果、1本のファイバー径は約680nmであること、その分布が図3のように狭く、ほぼ同じ径のファイバーで構成されていることが分かった。

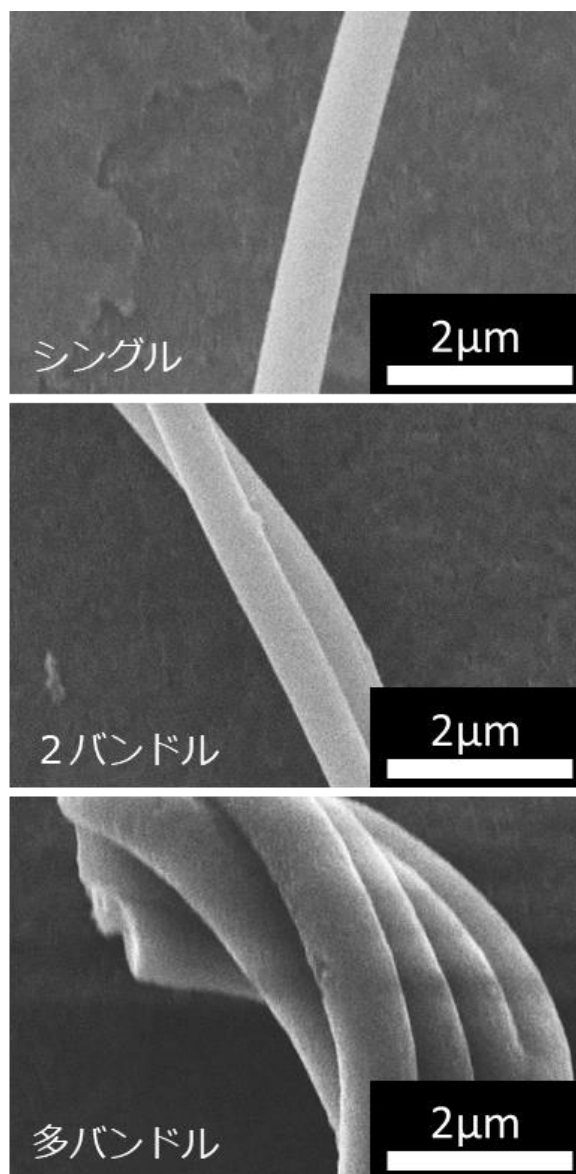


図2：シングル(上)およびバンドルのNCF(中：2本、下：多数)の電子顕微鏡写真

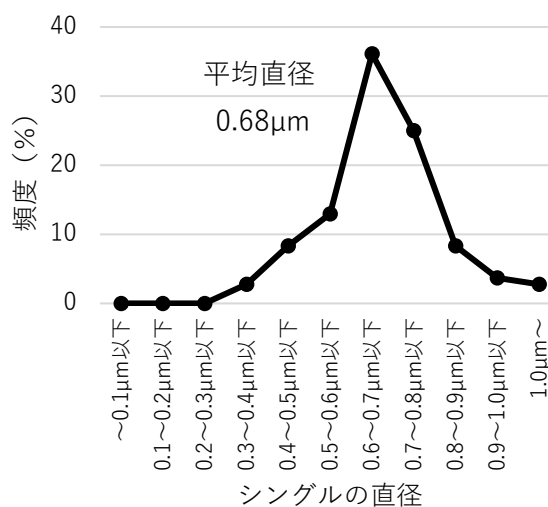


図3：シングルNCFのファイバー直径分布

### 3.2 NCFのサイズ分布の測定

静置時間を変えたときの、NCFのバンドル数ごとのファイバー長と頻度を図4から7に示す。

どの静置時間においても、シングルの存在比率が最も高いことが分かった。またファイバー長が長くなるにつれ、その頻度は急激に減少し、50 $\mu\text{m}$ を超えるファイバーが極めて少ないことも分かる。本研究でNCFを作製した方法は、長いファイバーの作製に適した方法であると考えられている。しかし、実際は長いファイバーの途中で破断したか、毛玉状の繊維塊等のために十分な長さが得られなかったなどで、長いファイバーの比率が小さいと考えられる。

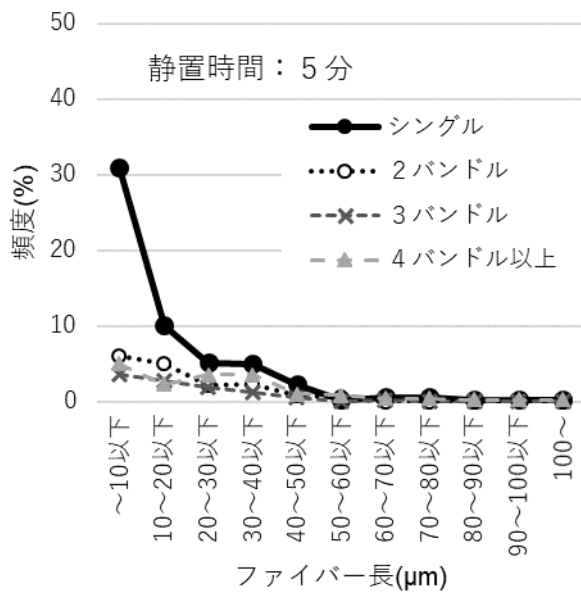


図4：静置時間0分における、各バンドル数のNCFのファイバー長さ分布

加えて、静置時間が長くなるにつれて、10 $\mu\text{m}$ 以下のシングルファイバーの比率が徐々に高くなるのが分かった。このサイズのシングルファイバーは極めて軽いため、分散液中での沈降が遅いためであると推測される。

図8に、静置時間ごとの10 $\mu\text{m}$ 以下のシングルと50 $\mu\text{m}$ を超えるシングルの比率を、図9に静置時間ごとのNCF（シングル、バンドル問わず）の平均長さを示す。10 $\mu\text{m}$ 以下のNCFは、静置時間に対して徐々に比率が増すのに対して、50 $\mu\text{m}$ 超のNCFは極めて短い静置時間で比率が下がる。このことから短いシングルNCFは静置法で分離できることが示唆され

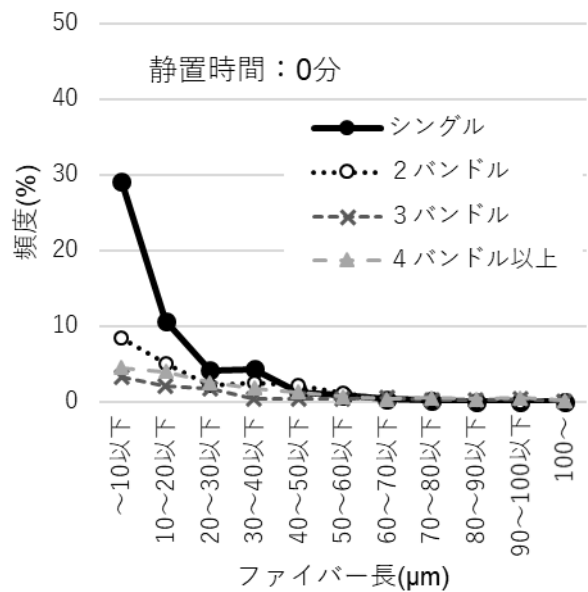


図5：静置時間5分における、各バンドル数のNCFのファイバー長さ分布

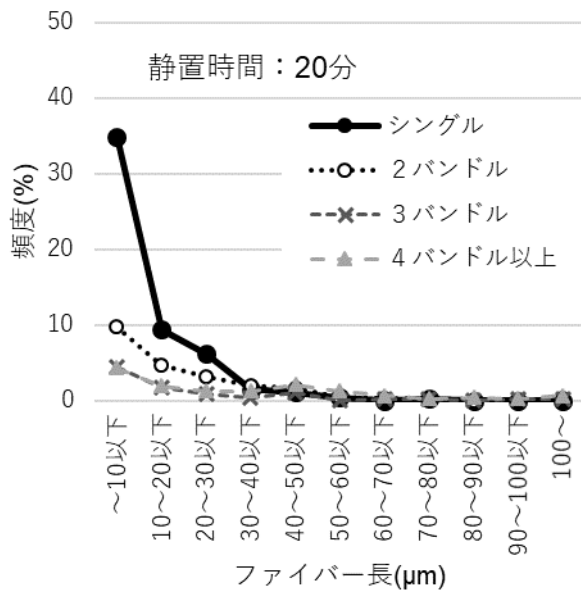


図6：静置時間20分における、各バンドル数のNCFのファイバー長さ分布

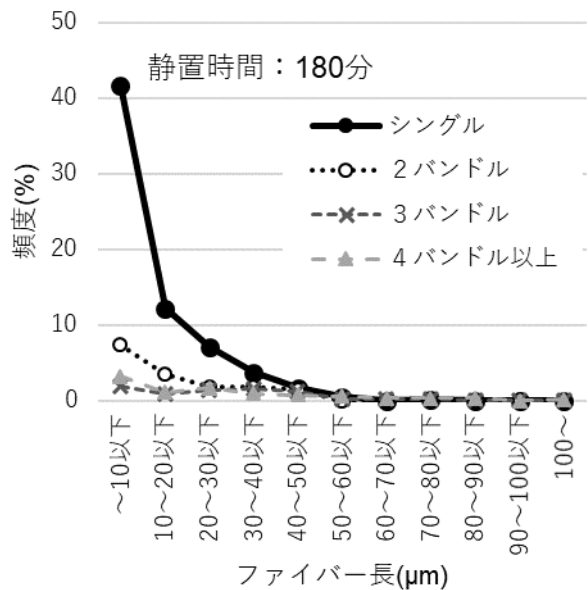


図7：静置時間180分における、各バンドル数のNCFのファイバー長さ分布

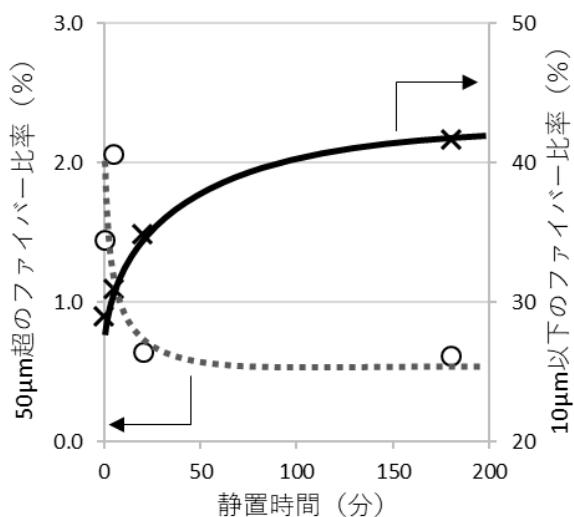


図8：静置時間に対する、シングルNCF（10μm以下：×（右軸）、50μm超：○（左軸））の比率

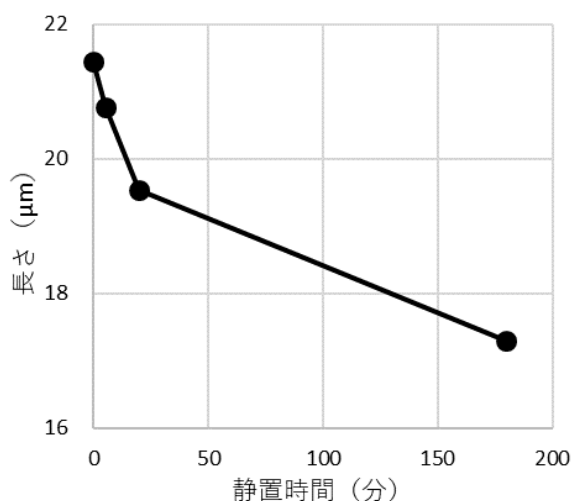


図9：静置時間ごとのNCF（シングル、バンドル問わず）の平均長さ

た。一方、長いシングルNCFと短いバンドルNCFはともに上澄み液から沈殿し、液中から除去される。そのため静置法では、長いシングルNCFと短いバンドルNCFを分離することはできないことが分かった。

#### 4 まとめ

炭素系ナノ繊維の一種であるNCFを研究対象に、バンドル数と長さがまちまちのNCFから任意の形状（バンドル数、長さ）のファイバーを分離する方法について検討した。加えて、分離したNCFを電子顕微鏡で観察してサイズ測定し、そのサイズ分布について評価を行った。

静置法を採用したときのNCFのサイズ分布を検討した結果、静置時間が長くなるにつれて10μm以下の

シングルファイバーの比率を高めることができることが明らかとなった。微小な樹脂部品用の強化繊維としてNCFを使用する場合、静置法が有効であることが示唆された。一方、導電補助剤に適した50μmを超えるファイバーについては、静置法では十分な分離・精製をすることはできなかった。今後、シングルで長いNCFとバンドルで短いNCFを分離する方法について開発する必要がある。

# カーボン量子ドットの蛍光特性に関する研究

山田 雄也\*  
YAMADA Yuya\*

**要旨** 赤色蛍光を示すカーボン量子ドットの合成技術の開発を行う。本年度は、ボトムアップ的手法であるマイクロ波加熱法、水熱合成法による処理方法、処理条件等の蛍光特性への影響を調査し、合成方法の検討を行った。

## 1 はじめに

炭素系ナノ材料はカーボンナノチューブやフラーレンなど、形態によって様々な特性を示すため幅広い分野への応用が期待されている。カーボン量子ドットも炭素系ナノ材料の一つであり、新規蛍光材料として近年研究が盛んに行われている。従来の半導体を用いた量子ドットは可視域全体で蛍光波長を制御できる蛍光体であるためディスプレイ等に用いられているが、レアアースの使用や、毒性、プロセスコストなどの問題がある。カーボン量子ドットは毒性が低く安価な原料で大量合成が可能であるため<sup>[1]</sup>、半導体量子ドットの代替材料としての利用が期待されている。しかし、カーボン量子ドットは特に赤色の発光効率や波長選択性に課題があり、赤色蛍光体の合成技術の確立が求められている<sup>[3]</sup>。

本研究では赤色蛍光を示すカーボン量子ドットの合成技術の開発を行う。カーボン量子ドットはレーザーアブレーション法、リソグラフィ法等のトップダウン的な手法<sup>[1,2]</sup>や、マイクロ波加熱法、水熱合成法等のボトムアップ的手法で合成することができる<sup>[3,4]</sup>。プロセスコストや量産性を考慮し、本研究ではボトムアップ的手法による合成を行う。半導体量子ドットは粒子サイズにより波長を制御するが、カーボン量子ドットの蛍光特性には、粒子サイズだけでなく表面状態などが影響するとされている<sup>[5]</sup>。例えば、クエン酸水溶液をマイクロ波処理することでカーボン量子ドットを作製する際に、添加剤としてポリエチレングリコールやポリビニルピロリドンなどを加えることでドット表面が化学修飾され蛍光特性が変化することを確認した報告がある<sup>[6]</sup>。そこで、本研究では処理・精製条件によるサイズ制御や原料・添加剤等による表面修飾を行うことにより蛍光特性の制御に取り組む。

本年度は、ボトムアップ的手法であるマイクロ波加熱法、水熱合成法による処理方法、処理条件等の蛍光特性への影響を調査し、合成方法の検討を行った。

## 2 実験方法

### 2.1 蛍光体の合成

クエン酸を超純水に溶解し、10wt%クエン酸水溶液を作製した。作製した溶液を用いて、マイクロ波加熱法および水熱合成法により処理を行った。マイクロ波加熱法では、電子レンジ(SANYO、EMO-S4)、マイクロ波処理装置(Anton Paar、Multiwave3000)を用いた。まず、溶液をビーカーに10mL取り、電子レンジで処理した。出力500W、処理時間を5分および10分とした。次に、マイクロ波処理装置専用の石英容器に溶液を10mL取り、キャップをして装置にセットし処理を行った。出力300Wで処理時間1時間および2時間、出力500Wで処理時間20分とした。水熱合成法では、PTFE容器に溶液を10mL取り、ステンレスジャケットで密閉してオーブン(EYELA、NDO-400)で処理を行った。処理条件は温度200℃で5時間、温度250℃で5時間および9時間とした。

### 2.2 蛍光体の評価

2.1で作製した試料の蛍光特性をライトおよび蛍光分光光度計(日立、F-3000)を用いて評価した。試料に紫外および青のライトを照射し蛍光色を目視で確認した。また、試料を超純水で10倍に希釈した溶液を用いて蛍光分光光度計で蛍光スペクトルを測定した。

## 3 結果と考察

### 3.1 ライト照射による評価

各手法で作製した試料に紫外および青のライトを照射したところいずれの試料も青もしくは緑の蛍光を示した。

電子レンジで処理した試料に紫外のライトを照射すると、処理時間5分の試料は青系の蛍光色を示し、処理時間10分の試料はやや緑がかった蛍光色を示した。処理時間10分の試料に青のライトを照射すると紫外照射よりも緑の色味が強い蛍光色を示した。このことから電子レンジで処理することにより蛍光体が生成し、処理条件や励起波長によって蛍光色に変化することがわかった。

マイクロ波処理装置で処理した試料では、いずれも紫外のライト照射で青系の蛍光色を、青のライト照射で緑系の蛍光色を示した。処理条件によって蛍光強度に違いはあるものの、蛍光色に大きな違いは見られなかった。水熱

\*無機材料係

合成法で処理した試料もマイクロ波処理装置と同様の結果となり、処理条件によって蛍光強度に違いはあるものの、蛍光色に大きな違いは見られなかった。

### 3.2 蛍光スペクトル測定による評価

図1に電子レンジで5分間処理した試料の蛍光スペクトルを示す。励起波長320nm、360nmでは450nm付近で蛍光が見られたが、励起波長400nm、440nmでは450nmよりも長波長側の強度が高くなることがわかった。

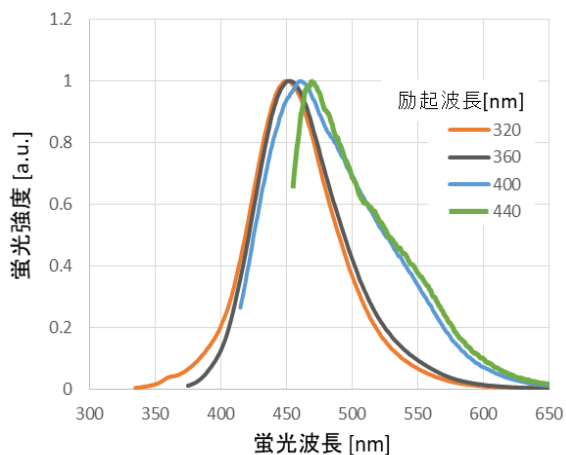


図1 電子レンジで5分処理した試料の蛍光スペクトル

処理時間5分と10分の試料を波長440nmで励起した蛍光スペクトルを図2に示す。処理時間が長くなると蛍光波長が長波長側にシフトした。

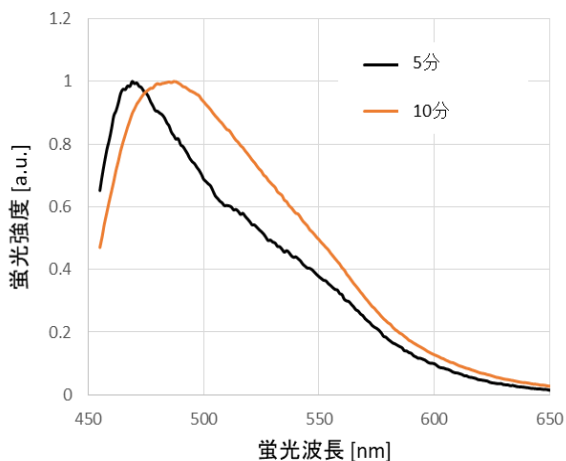


図2 電子レンジで処理時間5分および10分処理した試料の蛍光スペクトル(励起波長440nm)

図3、図4にマイクロ波処理装置で作製した試料の蛍光スペクトルを示す。図3は処理時間の異なる試料の蛍光スペクトルである。処理時間を1時間と2時間とした試料では蛍光波長が変化しなかった。図4は出力の異なる試料の蛍光スペクトルである。出力を300W、500Wとした試料でも蛍

光波長に変化は見られなかった。このことから、マイクロ波処理装置では時間、出力といった処理条件は蛍光特性に影響しないことがわかった。

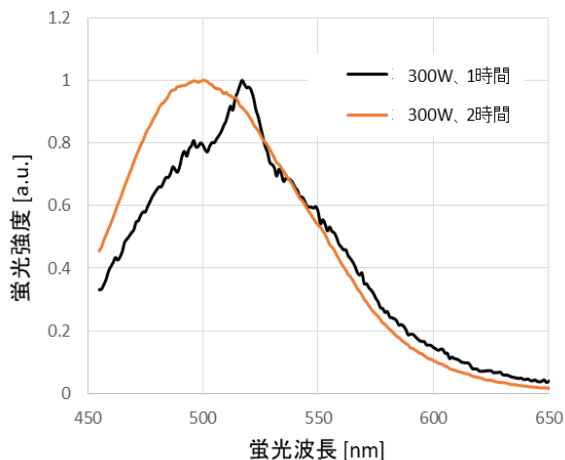


図3 処理時間の異なる試料の蛍光スペクトル(励起波長440nm)

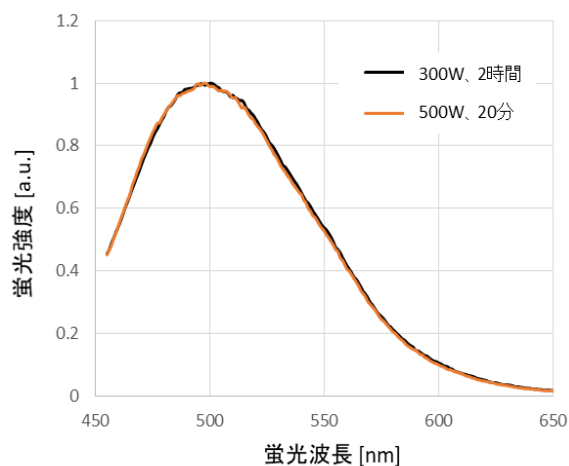


図4 異なる出力で処理した試料の蛍光スペクトル(励起波長440nm)

図5、図6に水熱合成法で作製した試料の蛍光スペクトルを示す。処理時間、温度を変えた試料で蛍光波長が変化しなかった。図5は処理時間の異なる試料の蛍光スペクトルである。処理時間を5時間と9時間とした試料では蛍光波長が変化しなかった。図6は処理温度の異なる試料の蛍光スペクトルである。温度を200℃と250℃とした試料でも蛍光波長に変化は見られなかった。このことから水熱合成法においてもマイクロ波処理装置と同様に時間、温度といった処理条件は蛍光特性に影響しないことがわかった。

各試料をライトに照射した際の蛍光色の違いと蛍光スペクトルの結果は概ね一致することが確認できた。処理時間を長くすることによって長波長側にシフトした電子レンジでの処理は開放系であり、処理条件によって蛍光波長が変化しなかったマイクロ波処理装置、水熱合成法による処理

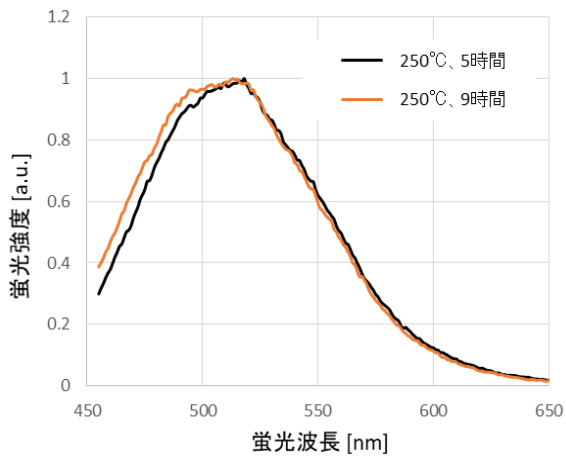


図5 処理時間の異なる試料の蛍光スペクトル(励起波長440nm)

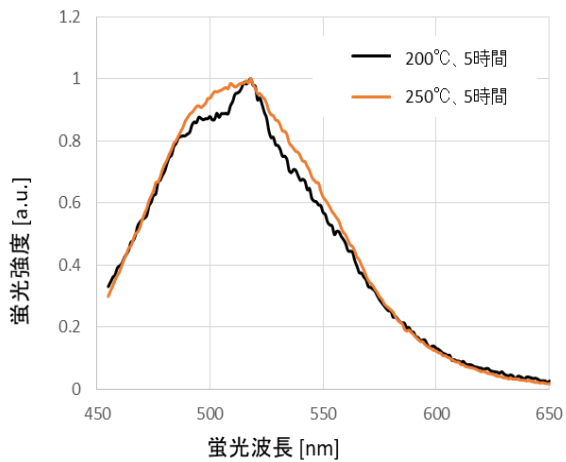


図6 処理温度の異なる試料の蛍光スペクトル(励起波長440nm)

は密閉系であった。このことから開放系では処理条件が蛍光波長に影響すると思われる。開放系では密閉系に比べて試料の濃度変化が大きく、これが生成する蛍光体の特性に影響する可能性があると考えられる。そのため、開放系では乾式での熱処理等も検討する余地がある。一方で、密閉系では処理条件による蛍光波長の変化が見られなかったため、原料や添加剤による蛍光特性への寄与が大きくなると予想される。また、処理条件によって蛍光強度に違いが見られたため、処理条件が蛍光体の生成量や量子効率等に影響している可能性がある。

図7、図8に各手法で作製した試料の蛍光スペクトルを示す。図1、図7、図8から、いずれの手法においても励起波長によって異なる波長の蛍光が生じていた。このことから生成した蛍光体に多様な発光源が含まれていると考えられる。したがって、生成物の分離・分析を行い、蛍光体の構造と蛍光との関係について調査し明らかにしていく必要がある。

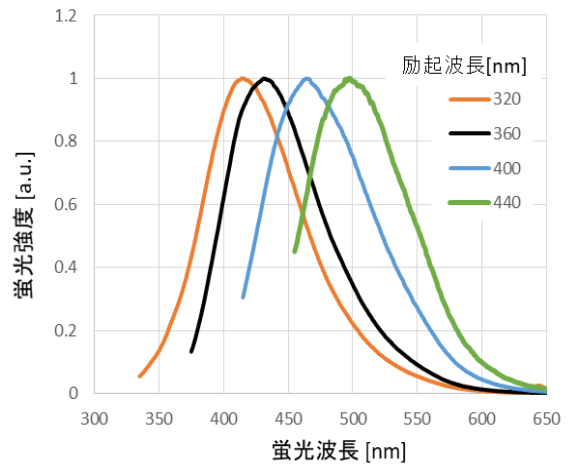


図7 マイクロ波処理装置で作製した試料の蛍光スペクトル

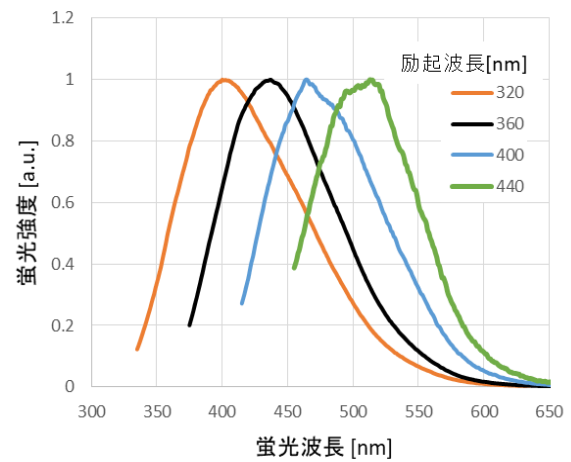


図8 水熱合成法で作製した試料の蛍光スペクトル

図9に各手法で作製した試料の励起波長440nmにおける蛍光スペクトルの比較を示す。同じ励起波長でも手法によって蛍光波長が異なっていた。原料や添加剤等を変えて蛍光特性の評価を行う際には、用いる合成手法の影響も考慮する必要があると考えられる。

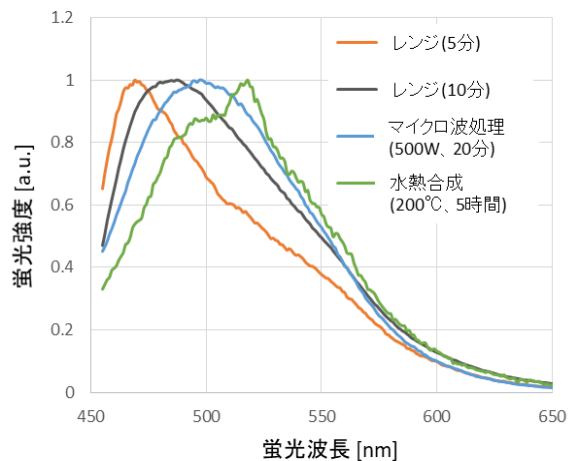


図9 各手法で作製した試料の蛍光スペクトル



## 4 まとめ

今年度研究でカーボン量子ドットの合成手法を検討し、処理条件と生成する蛍光体の蛍光特性との関係について明らかにした。マイクロ波加熱法と水熱合成法によりカーボン原料から蛍光体を作製することができた。開放系では処理条件により蛍光体の蛍光特性が変化することがわかった。密閉系では処理条件で蛍光特性は大きく変わらず、波長制御には原料の寄与が大きくなると予想される。いずれの手法においても励起波長によって蛍光波長が異なっており多様な発光源が生じている可能性があるため、生成物の分離・分析が今後の課題になると考えられる。

## 5 参考文献

- [1] S. Zhu, Y. Song, X. Zhao, et al., Nano Res. 2015, 8, 355-381
- [2] D. Tan, Y. Yamada, S. Zhou, et al., Nanoscale 2010, 4, 1166-1169
- [3] K. Jiang, X. Feng, X. Gao, et al., Nanomaterials 2019, 9, 529
- [4] X. Zhai, P. Zhang, C. Liu, et al., Chem. Commun. 2012, 48, 7955-7957
- [5] K. Dimon, Curr. Org. Chem. 2016, 20, 682-695
- [6] V. Milosavljevic, A. Moulick, P. Kopel, et al., JMN 2014, 3, 16-22

# 滋賀県オリジナル清酒醸造用酵母の選抜

岡田 俊樹\*  
OKADA Toshiki

川島 典子\*  
KAWASHIMA Noriko

**要旨** 県内清酒醸造所の新規県酵母開発のニーズに対応するため、当所で保有する醸造用酵母から酢酸イソアミル高生産酵母の選抜を行った。その結果、県オリジナル分譲酵母 IRCS-YS003 よりも 2.5~4 倍程度高生産の酵母を選出することができた。

## 1 はじめに

県内の清酒生産量は、吟醸酒等の特定名称酒の製造数量が増加している。これは消費者の多様な食生活と本物志向や探索志向、差別化商品への高まりによるものと考えている。造り手も消費者も味や香りに特徴や個性が豊かな商品の開拓は活発で、新製品開発の動きはますます加速するものと思われる。

しかしながら、県内の清酒生産量は、特定名称酒よりもこれ以外の清酒の比率が高い。そのため、滋賀県の特徴・オリジナル性を活かした清酒の開発が県内清酒醸造所の課題となっている。

吟醸酒等の製造は、吟醸香であるカブロン酸エチルを主に生産する酵母の使用が多く、昨年度まで開発に取り組んできた。<sup>1)</sup> 一方で、果実香とされる酢酸イソアミルを主体とした清酒の人気もある。県内メーカーからは、県独自の酵母として酢酸イソアミル高生産酵母の利用の声があることから保存酵母等から検討して選抜を行った。

## 2 実験方法

### 2.1 供試菌株

当所保存酵母で、酢酸イソアミル生産が高い28菌株を用いた。また、参考のため現在酒造で利用されている醸造用酵母実験株を用いた。

### 2.2 小仕込醸造試験 1 (総米約50g)

各供試菌株をYPD液体培地(1%酵母エキス, 2%ペプトン, 2%デキストロース)で前培養と本培養を行い、1段の小仕込醸造試験を行った。仕込配合は、 $\alpha$ 化米(精米歩合 50%白米、徳島製麹株式会社製)30g、麴(精米歩合 60% 県内醸造所製)7.5g、汲水(蒸留水)60ml、乳酸 0.037ml、酵母培養液 4 ml で行い、15°Cで、15日間培養を行った。発酵期間中は、アルコール発酵に伴う炭酸ガスの発生による重量減少を測定して発酵経過を観察した。発酵終了後、遠心分離(3000rpm., 20min.)を行い、上澄み液の香气成分の分析(ヘッドスペースガスクロマトグラフ法)と酸度を酒類総合研究所標準分析法注解<sup>2)</sup>に従い測定した。

### 2.3 小仕込醸造試験 2 (総米 200g)

総米 50g で選出した菌株を用いて、各菌株を YPD 液体培地で培養を行い、総米 200g、酒母省略の 3 段小仕込醸造試験を行った。仕込配合は表 1 に示した。

掛米は  $\alpha$  化米(精米歩合 60%白米、徳島製麹株式会社製)、麴は乾燥麴(精米歩合 50% 山田錦 徳島製麹株式会社製)を使用した。仕込容器は、市販の 1.2 リットル容量のガラス製瓶を用いた。仕込温度は、外気温で初添 15°C、仲添 12°C、留添 10°C とし、留添の翌日から 1 日 1°C ずつ昇温して、外気温度 15°C に達してから発酵終了まで保持した。発酵期間中は、重量減少を測定した。発酵の終了は、重量減少が少なくなった 30 日目とし、上槽は遠心分離(3000rpm., 20min.)を行い製成酒を得た。製成酒の分析は、酒類総合研究所標準分析法注解<sup>2)</sup>に従い香气成分と一般成分分析を測定した。

### 2.4 小仕込醸造試験 3 (総米 1kg)

総米 200g で選出した菌株を用いて、各菌株を YPD 液体培地で培養を行い、総米 1kg で酒母省略の 3 段小仕込醸造試験を行った。仕込配合は表 2 に示した。

掛米および麴は、前記の試験の総米 200g 同様行った。仕込容器は、市販の 4 リットル容量のガラス製瓶を用いた。仕込温度は、外気温で初添 13°C、仲添 10°C、留添 8°C とし、留添の翌日から 1 日 1°C ずつ昇温して、外気温度 13°C に達してから 14 日目まで保持し、上槽の 25 日目までに 8°C まで降温した。アルコール発酵に伴う炭酸ガスの発生による重量減少を測定して発酵経過を観察した。上槽および製成酒の分析は、前記のとおり行った。

### 2.5 小仕込醸造試験 4 (総米 15kg)

総米 1kg で選出した菌株を用いて、各菌株を YPD 液体培地で培養を行い、普通速醸酒母製造後、3 段の小仕込醸造試験を行った。仕込配合は表 3 に示した。酒米は、精米歩合 60%の山田錦を使用した。麴は、県内醸造所で事前に製麴後、冷凍保存したものを用いた。麴の酵素力価( $\alpha$ -アミラーゼ(AA), グルコアミラーゼ(GA), 酸生カルボキシペプチダーゼ(ACP))の測定は、

\* 食品・プロダクトデザイン係

醸造分析キット(キッコーマンバイオケミファ株式会社製)を用いて測定した。

仕込容器は、66 リットルのサーマルタンクを用いた。仕込予定温度は、初添 11℃、仲添 9℃、留添 7℃とし、留添の翌日から1日1℃ずつ昇温し、外気温度13℃に達してから保持し、アルコール濃度が12%に達してから上槽時の9℃まで降温した。経過および醸成酒の分析は、前記のとおり測定した。発酵管理は、日本酒度、アルコール濃度、酸度、アミノ酸度の測定値を見ながら行い、アルコール濃度17%以上、日本酒度+3以上、酢酸イソアミル7ppm以上の純米酒の製造を試みた。なお、上槽は2℃の環境で専用の酒用搾り袋に入れ、緩やかに加圧して24時間程度で醸成酒を得た。また、醸成試験酒の評価を醸造所の技術者および当センター職員12人で実施した。

表1 総米 200g 醸造試験 仕込み配合

	初添	仲添	留添	合計
総米(g)	35	70	95	200
蒸米(g)	20	60	75	155
麴米(g)	15	10	20	45
汲水(ml)	55	75	146	276
乳酸(ml)	0.2	-	-	0.2
酵母(ml)	2	-	-	2

表2 総米 1kg 醸造試験 仕込み配合

	初添	仲添	留添	合計
総米(g)	175	350	475	1,000
蒸米(g)	100	300	375	775
麴米(g)	75	50	100	225
汲水(ml)	275	370	700	1,345
乳酸(ml)	1	-	-	1
酵母(ml)	10	-	-	10

表3 総米 15kg 醸造試験 仕込み配合

	酒母	初添	仲添	留添	合計
総米(kg)	0.95	2.50	4.50	7.05	15.00
蒸米(kg)	0.65	1.80	3.60	5.75	11.80
麴米(kg)	0.30	0.70	0.90	1.30	3.20
汲水(L)	1.05	2.65	6.10	10.00	19.8
乳酸(ml)	10.5	-	-	-	10.5
酵母(ml)	20	-	-	-	20

### 3 結果と考察

#### 3.1 小仕込醸造試験1 (総米約50g)

保存酵母28菌株を用いて総米50gの1段仕込の醸造試験を行った。発酵終了時の香气成分、重量減少、酸度の分析結果を表4に示した。重量減少は15日間の発酵で、既存酵母は11g程度に対し、供試菌株は10~12gと様々だった。

香气成分は、酢酸イソアミルは、既存酵母が1ppm程度に対し、供試菌株は、平均値は4.9ppm(最大値:8.6ppm、最小値:1.5ppm)と高かった。しかしながら、イソアミルアルコールが既存酵母で120ppm程度に対し、2株(3C5I, 3C15I)以外は300ppmと2倍以上高い。なお、本試験からの選出菌株の基準は、既存酵母と比較して重量減少が高く、酸度が既存株の同程度以下、酢酸イソアミルは高値から低値までをそれぞれ目安に10株を選出した。

表4 小仕込醸造試験結果(総米50g)

菌株名	酢酸イソアミル	イソアミルアルコール	カブロン酸エチル	酢酸エチル	重量減少	酸度
3F1	6.9	316	0.8	45	11.5	3.8
3F2	4.4	382	0.7	39	11.9	3.6
3F3	4.0	362	0.7	34	11.6	3.5
3F4	4.6	301	0.5	49	10.4	3.6
3F5	4.7	346	0.6	43	12.1	3.4
3F6	5.5	356	0.7	49	11.9	3.3
3F7	4.1	421	0.6	30	11.2	3.9
3F8	4.7	380	0.8	32	11.4	3.9
3F9	4.1	350	0.7	31	11.0	3.4
3F10	8.6	395	0.7	37	11.3	3.0
3F11	7.3	350	0.8	44	11.2	3.8
3F12	4.5	354	0.8	32	11.4	3.4
3F13	3.9	349	0.8	39	11.2	3.8
3F14	5.0	318	0.8	34	11.0	3.3
3F15	4.1	336	0.7	37	11.4	3.7
3F16	4.8	351	0.7	38	11.7	3.6
3F17	5.3	319	0.6	41	10.6	3.3
3F18	4.2	388	0.6	32	11.2	3.8
3F19	4.7	344	0.7	51	11.8	3.5
3F20	3.6	355	0.6	32	10.9	3.1
3F21	5.7	391	0.8	32	11.2	3.4
3F22	3.4	350	0.8	35	10.5	4.0
9F1	3.9	489	0.7	36	10.5	4.0
9F2	1.5	349	0.5	37	11.0	4.4
9F3	2.7	393	0.5	39	11.0	3.9
9F4	2.5	379	0.5	40	10.1	3.9
3C5I	3.3	105	0.4	41	10.7	2.6
3C15I	4.7	108	0.5	45	10.9	3.0
IRCS-YS003	1.2	124	0.6	27	11.1	3.6
K-901系	0.9	116	0.5	27	11.1	3.4
K-1401系	1.1	122	0.6	33	10.8	3.5

(ppm) (g) (ml)

### 3.2 小仕込醸造試験2 (総米 200g)

先の試験で選抜した10株を用いて総米200gの小仕込醸造試験を行い、30日間の発酵試験の上槽時の成分結果を表5に示した。酢酸イソアミル生産量は、既存酵母で1.4ppm程度に対し、最も高い株で5.5ppm(3F10)、低い株で2.1ppm(9F3)で2.6倍の差があった。

本試験での選出株の基準は、酢酸イソアミルは高値から低値までまんべんなく選出し、重量減少及びアルコール生産が高いことを目安とし、酸度、アミノ酸度は低いことである。加えて、官能評価の結果を参考にして6株を選出した。なお、重量減少とアルコール生産が低い3C5I, 3C15Iの2株は、酢酸イソアミルが高く、イソアミルアルコール生産が低いことから選出した。

### 3.3 小仕込醸造試験3 (総米 1kg)

先の試験で選抜した6株を用いて総米1kgの小仕込醸造試験を行い、25日間(一部29日)の発酵試験の上槽時の成分結果を表6に示した。

酢酸イソアミルは、既存酵母に比べて2~3倍程度高い。イソアミルアルコールは3C5I, 3C15I以外はこれまでの試験と同様2倍程度高い値を示していた。

本試験での選出株は、イソアミルアルコール生産が少ない3C5I, 3C15Iの2株を選出した。また、もう1株の3F11を選出した。この理由は、3F6は官能評価で違和感の指摘があり、3F10, 21は酢酸イソアミルが高すぎると指摘があった。3F19は3F11と数値がほぼ同じであることから官能評価から一方を選出した。

表5 小仕込醸造試験結果(総米200g)

菌株名	酢酸 イソアミル	イソアミル アルコール	カプロン 酸エチル	酢酸 エチル	重量 減少	アルコール 濃度	日本 酒度	エキス	酸度	アミノ酸度	官能 評価	コメント
3F5	3.6	107	0.6	41	56.0	16.5	+0.1	5.5	3.1	2.2	○	
3F6	3.8	249	0.8	44	57.1	16.8	+3.5	4.9	3.0	1.9	△	
3F10	5.5	263	0.6	43	57.8	17.1	+6.0	4.6	2.9	2.0	×	香り強すぎる
3F11	4.5	257	0.7	39	58.6	16.8	+5.2	4.6	3.3	1.9	◎	
3F19	4.1	258	0.8	44	58.1	17.2	+6.2	4.5	3.0	1.9	○	
3F21	5.3	279	0.8	47	57.4	17.0	+3.8	4.9	3.2	2.0	◎	香り強すぎる
9F1	2.8	458	0.5	26	54.2	15.5	-1.9	5.6	4.1	2.0	×	酢エチ臭、エステル臭
9F3	2.1	270	0.5	32	54.9	16.5	+1.3	5.3	3.4	2.0	×	
3C5I	4.2	152	0.7	45	55.9	16.8	+4.1	4.8	3.0	1.8	○	クリーミーな香り
3C15I	3.6	99	0.6	40	56.4	16.3	+2.3	5.0	3.3	2.1	△	
IRCS-YS003	2.5	126	0.9	50	55.9	17.5	+7.0	4.5	2.8	2.0		
K-901系	1.4	132	0.7	44	56.4	18.0	+8.6	4.3	2.5	2.4		
K-1401系	1.4	118	0.9	43	57.8	17.6	+6.8	4.6	2.7	2.3		

(ppm) (g) (%) (ml) (ml)

表6 小仕込醸造試験結果(総米1kg)

菌株名	酢酸 イソアミル	イソアミル アルコール	カプロン 酸エチル	酢酸 エチル	重量 減少	アルコール 濃度	日本 酒度	エキス	酸度	アミノ酸度
3F6	20日				277	17.3	+1	5.6		
	25日	13.7	269	1.6	102	294	18.2	+6	4.9	2.3
	29日				302	18.6	+8	4.6	2.2	1.5
3F11	20日				257	16.2	+7	4.1		
	25日	8.5	234	1.6	74	274	17.2	+12	3.5	2.5
	29日				263	16.4	+8	4.1		
3F19	20日				263	16.4	+8	4.1		
	25日	8.4	249	1.5	73	279	17.2	+12	3.6	2.3
	29日				261	16.2	+7	4.2		
3F21	20日				261	16.2	+7	4.2		
	25日	12.8	260	1.6	77	276	17.2	+11	3.6	2.4
	29日				276	17.2	+11	3.6	2.4	1.2
3C5I	20日				261	16.2	+7	4.2		
	25日	8.5	134	1.6	74	279	17.1	+11	3.6	2.4
	29日				239	14.4	-7	6.2		
3C15I	20日				239	14.4	-7	6.2		
	25日	8.5	102	1.1	84	254	15.8	+1	5.2	2.4
	29日				265	16.6	+4	4.8	2.2	1.7
IRCS-YS003	20日				269	16.8	+8	4.2		
	25日	4.2	128	1.8	71	284	17.5	+12	3.6	1.9
	29日				267	16.6	+7	4.3		
K-1401系	20日				267	16.6	+7	4.3		
	25日	3.1	123	1.6	89	283	17.4	+11	3.7	2.1
	29日									

(ppm) (g) (%) (ml) (ml)

### 3.4 小仕込醸造試験4 (総米15kg)

先の試験で選抜した3株を用いて精米歩合60%の山田錦で総米15kgの醸造試験をおこなった。上槽後の分析結果を表7, 8に示した。

なお、酒母および本仕込に用いた麴の酵素力価を表9に示した。用いた麴の酵素力価は、糖化等に必要な値を示していた。

供試酵母 3F11は、留時の品温7.9℃で発酵を開始し、3日目に最高ボーメが7.0、アルコール濃度が2.5%だった。最高品温は8日目の13.2℃で、アルコール濃度が12.0%の11日目から徐々に温度を下げていき28日目、7℃で上槽した。上槽時のアルコール濃度は18.0%、日本酒度+9、酢酸イソアミル生成量は8.4ppm (K-1401系の3倍) だった。

供試酵母 3C5Iは、留時の品温8℃で発酵を開始し、5日目に最高ボーメが7.0、アルコール濃度が3.8%だった。最高品温は9日目の13.2℃で、アルコール濃度が11.9%の11日目から徐々に温度を下げていき22日目、7℃で上槽した。上槽時のアルコール濃度は17.2%、日本酒度+7、酢酸イソアミル生成量は11.9ppmだった。

供試酵母 3C15Iは、留時の品温8.3℃で発酵を開始し、3日目に最高ボーメが7.4、アルコールが2.1%だった。最高品温は8日目の13.0℃で、アルコール濃度

が12.1%の13日目から徐々に温度を下げていき27日目、6℃で上槽した。アルコール濃度は17.5%、日本酒度+7、酢酸イソアミル生成量は7.1ppmだった。

K-1401系と比較して、アルコール濃度と日本酒度は遜色はなかった。

3F11酵母は、香気成分のイソアミルアルコールがK-1401に比べ2倍程度高く、酸度もK-1401より0.5ml高い。有機酸分析からピルビン酸の残りが多く、リンゴ酸がK-1401に比べ約2.5倍高いのが特徴と捉えた。

3C5I酵母は、供試した3株の中で発酵は比較的早く進んだ。酢酸イソアミルがK-1401の4倍と高く、イソアミルアルコール値は同程度で、ピルビン酸の値も低い。

3C15I酵母は、酢酸イソアミルがK-1401の2.5倍と高く、イソアミルアルコール値は同程度で、ピルビン酸の値も低い。

生産者による官能評価では、どの試験酒も、酢酸イソアミルを強く感じ、3F11酵母と3C5I酵母が華やかで良いとの評価だった。3F11酵母は酸味を感じフレッシュ感がある意見が多かった。現時点ではイソアミルアルコールの指摘は無かった。味は、荒々しさはあるものの現時点では渋みや苦みはの指摘はなかった。

表7 小仕込醸造試験結果(総米15kg)

菌株名	酢酸イソアミル	イソアミルアルコール	カプロン酸エチル	酢酸エチル	アルコール濃度	日本酒度	エキス	酸度	アミノ酸度	醪日数
3F11	8.4	235	0.7	61	18.0	+9	4.3	2.5	2.4	25
3C5I	11.9	119	0.9	112	17.2	+7	4.4	1.7	2.6	22
3F15I	7.1	96	1.0	88	17.5	+7	4.5	2.0	3.0	27
K-1401系	2.8	108	0.9	61	17.5	+9	4.2	2.0	2.3	20

(ppm) (g) (%) (ml) (ml) (日)

表8 小仕込醸造試験結果2(総米15kg)

菌株名	リン酸	クエン酸	ピルビン酸	リンゴ酸	コハク酸	乳酸	酢酸	Total
3F11	243	94	281	442	323	464	29	1,876
3C5I	244	110	79	215	247	783	62	1,438
3C15I	243	98	33	183	325	514	89	1,485
K-1401系	240	101	191	198	433	435	29	1,627

(ppm)

表9 麴の酵素力価

$\alpha$ -アミラーゼ(AA)	978
グルコアミラーゼ(GA)	139
酸生カルホキシ ペプチターゼ(ACP)	3,984

U/g・麴

#### 4 まとめ

当センター保有の清酒醸造用酵母を用いて吟醸香の一つである酢酸イソアミルを高生産する株の選抜のための小仕込醸造試験を実施した。

今後は、県内醸造所での実地試験を進め製造現場で利用できる酵母なのか、酒造期に2社で実地醸造試験を進める予定である。

#### 参考文献

- 1) 岡田俊樹：滋賀県工業技術総合センター研究報告，  
p104-106 (2019)
- 2) 公益財団法人日本醸造協会：酒類総合研究所標準分析法注解 (2017)

# 「近江の地酒」の酒質分析に関する研究(第1報)

川島 典子\*

KAWASHIMA Noriko\*

岡田 俊樹\*

OKADA Toshiki\*

**要旨** 県内清酒の酒質向上に寄与するため、県産清酒の一般成分分析、香気成分分析、有機酸成分分析を行い、酒質に特徴を見出す検討を試みた。吟醸酒、純米酒など特定名称酒の区分で違いがみられた。令和元年酒造年度の滋賀県の純米酒・純米吟醸酒は、「濃醇・辛口」の傾向にあった。香気成分は大吟醸酒・純米大吟醸酒で平均値がカブロン酸エチルの方が酢酸イソアミルよりも高い方が多かった。

## 1 はじめに

全国的に清酒製成数量は減少傾向にあるが、その中で吟醸酒や純米酒といった「特定名称酒」の割合は横ばいとなっている。滋賀県内の清酒醸造所は工夫し特定名称酒の生産を行っているが、酒質を数値化して把握するところまでは至っていなかった。平成30年度より当センターでは「個性ある『近江の地酒』開発・発信事業」を実施し、清酒の成分分析が可能とするよう分析装置を整備した。醸造所が酒質や特徴を把握することで良質かつ安定な品質を保つよう技術の向上につなげたり、積極的に販促活動(PR)に発展させたりすることができる。今回の研究では、清酒の成分分析を行い、「近江の地酒」の酒質の特徴を見出す検討を行った。

## 2 試験方法

### 2.1 清酒試料

令和元年度に滋賀県内の18の清酒醸造所で醸造した市販清酒115本を使用した。内訳は、純米大吟醸酒17本、大吟醸酒9本、純米吟醸酒34本、吟醸酒2本、純米酒37本、特別純米酒16本である。この115本のうち、酒母の製法は、速醸系酒母が74本、山麴酒母を含む生酏系酒母が29本、不明が12本であった。

### 2.2 成分分析

アルコール濃度、日本酒度、エキス分、酸度およびアミノ酸度は国税庁所定分析法<sup>2)</sup>に従って行った。グルコース濃度は、グルコースCIIテストワコー(富士フィルム和光純薬株式会社)を用いて測定した。また、日本酒度と酸度の数値から甘辛度および濃淡度を算出した<sup>3)</sup>。計算式は以下の通りである。

$$\text{甘辛度} = 193593 / (1443 + \text{日本酒度}) - 1.16 \times \text{酸度} - 132.57$$

$$\text{濃淡度} = 94545 / (1443 + \text{日本酒度}) + 1.88 \times \text{酸度} - 68.54$$

甘辛度は-0.2以下:辛口、-0.2~0:やや辛口、0~0.2:やや甘口、0.2以上:甘口とした。濃淡度は-1.0以下:淡麗、-1.0~-0.8:やや淡麗、-0.8~-0.6:やや濃醇、-0.6以上:濃醇とした。

香気成分は、ガスクロマトグラフ質量分析装置GCMS-QP2020(株式会社島津製作所)にて、ヘッドスペース法で行い、成分の定量は内部標準法によった。測定対象は、酢酸エチル、n-プロピルアルコール、イソブチルアルコール、酢酸イソアミル、イソアミルアルコール、カブロン酸エチルとした。

有機酸成分は、清酒を蒸留水で10倍希釈し、0.2 μmのPVDFメンブレンフィルターでろ過したものを有機酸分析システム(株式会社島津製作所)により測定した。清酒に含まれる有機酸成分のうち、りん酸、クエン酸、ピルビン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸、酢酸を対象とした。

## 3 結果および考察

### 3.1 一般成分分析

県内清酒のアルコール濃度、日本酒度、エキス分、酸度、アミノ酸度、グルコース濃度を分析した際の特定名称酒別の平均値、最大値、最小値、中央値、標準偏差を表1に示した。A:純米酒・特別純米酒(n=53)、B:吟醸酒・大吟醸酒(n=11)、C:純米吟醸酒(n=34)、D:純米大吟醸酒(n=17)にカテゴリー分けして集計した。

アルコール濃度は、全てのカテゴリーで平均値が16%台であった。全115本の平均値は16.4%で、カテゴリー間に差は見られなかった。日本酒度は、全体の平均が+4.0であり、最も数値が高い清酒で辛口を特徴とした純米吟醸酒の+14.8、最も低い清酒で純米酒の-17.9だった。酸度は全体の平均が1.6だった。データは記載していないが、速醸系酒母の酸度平均は1.5、生酏系酒母の酸度平均は1.9だった。酸度およびアミノ酸度についてカテゴリー別に平均値を比較すると、純米酒および純米吟醸酒の方が、吟醸酒・大吟醸酒および純米大吟醸酒よりも高く、生酏系酒母により味の強い清酒が数値を押し上げていることがう

\*食品・プロダクトデザイン係

かがえた。グルコースについて、カテゴリー別では吟醸酒・大吟醸酒が最も高い平均値(2.5%)であった。

次に、甘辛度、濃淡度の2次元散布図(甘辛度・濃淡度マップ)を図1に示した。横軸に甘辛度、縦軸に濃淡度を示している。また、黒丸(●)は速醸酒母もしくは酒母不明のもの、白丸(○)は生酏系酒母で製造されたものである。全115本の平均値で計算すると、全体の甘辛度が-0.6、濃淡度が-0.2であり、「濃醇・辛口」となった。個々で見た場合

も、純米酒・特別純米酒は「濃醇・辛口」の清酒が多かった。国税庁が発表している全国市販酒調査令和元年度調査<sup>4)</sup>では、滋賀県の純米酒の平均甘辛度が-0.46、濃淡度が-0.31で「濃醇・辛口」であり、今回の分析と傾向が一致した。純米吟醸酒でも同様の傾向がみられた。一方、大吟醸酒9本の平均甘辛度が0.0、平均濃淡度が-1.0で「淡麗・やや甘口」傾向であり、大吟醸酒は甘口になるように醸造している醸造所が多いことが考えられた。

表1 県内清酒の特定名称酒別分析値

	A: 純米酒・特別純米酒					B: 吟醸酒・大吟醸酒				
	算術平均	最大値	最小値	中央値	標準偏差	算術平均	最大値	最小値	中央値	標準偏差
アルコール分(%)	16.3	18.9	14.0	16.3	1.2	16.5	17.4	15.3	16.6	0.6
日本酒度	+4.2	+14.5	-17.9	+4.7	5.4	+2.5	+5.4	-1.3	+3.3	2.1
エキス分	4.7	8.4	2.8	4.6	1.0	5.0	5.8	4.5	5.0	0.4
酸度	1.8	2.9	1.4	1.7	0.3	1.2	1.5	1.0	1.1	0.2
アミノ酸度	2.3	3.3	1.5	2.2	0.5	1.6	2.5	1.0	1.6	0.4
グルコース(%)	1.9	5.7	0.6	1.9	1.0	2.5	3.5	1.2	2.4	0.7
甘辛度	-0.9	1.4	-2.0	-0.9	0.5	0.0	0.2	-0.5	0.1	0.2
濃淡度	0.1	3.0	-0.8	0.0	0.6	-0.9	-0.4	-1.4	-1.0	0.3
酢酸エチル(ppm)	60	97	19	58	18	31	42	17	30	8
n-プロピルアルコール(ppm)	88	187	52	83	24	61	84	39	62	15
イソブチルアルコール(ppm)	56	92	30	55	13	36	54	27	32	8
酢酸イソアミル(ppm)	2.1	4.3	0.4	1.8	1.0	1.1	2.5	0.4	1.1	0.6
イソアミルアルコール(ppm)	122	172	91	121	21	88	109	79	87	9
カブロン酸エチル(ppm)	0.8	3.9	0.2	0.7	0.7	3.1	6.9	0.2	2.9	2.2
りん酸(mg/L)	264	374	144	263	41	198	258	123	201	45
クエン酸(mg/L)	79	310	0	79	40	62	82	47	61	11
ビルビン酸(mg/L)	102	317	0	89	76	63	142	0	69	50
リンゴ酸(mg/L)	213	495	20	211	78	176	267	41	192	62
コハク酸(mg/L)	379	512	213	373	70	252	352	191	242	48
乳酸(mg/L)	454	1,072	286	403	150	337	958	210	285	209
酢酸(mg/L)	32	206	0	17	39	18	80	0	13	22
	(n=53)					(n=11)				
	C: 純米吟醸酒					D: 純米大吟醸酒				
	算術平均	最大値	最小値	中央値	標準偏差	算術平均	最大値	最小値	中央値	標準偏差
アルコール分(%)	16.6	18.7	13.9	16.6	1.1	16.1	17.8	14.6	16.3	0.8
日本酒度	+4.7	+14.8	-5.2	+4.6	4.5	+2.6	+11.8	-10.4	+3.0	4.7
エキス分	4.7	6.4	2.9	4.7	0.7	4.9	7.4	2.9	5.0	0.9
酸度	1.7	2.3	1.1	1.7	0.3	1.4	1.9	1.0	1.4	0.2
アミノ酸度	2.2	3.8	1.2	2.1	0.7	1.9	2.7	1.4	1.8	0.4
グルコース(%)	2.0	3.5	0.5	2.1	0.8	2.1	3.4	1.1	2.0	0.8
甘辛度	-0.8	0.4	-1.6	-1.0	0.5	-0.3	0.4	-0.8	-0.4	0.3
濃淡度	-0.1	1.1	-1.1	-0.1	0.5	-0.4	1.0	-1.6	-0.5	0.6
酢酸エチル(ppm)	60	87	22	60	17	53	83	23	50	17
n-プロピルアルコール(ppm)	82	126	42	79	24	67	93	44	63	13
イソブチルアルコール(ppm)	54	81	35	55	10	44	65	30	43	9
酢酸イソアミル(ppm)	2.0	4.0	0.7	1.8	0.9	2.0	5.1	1.0	1.8	1.1
イソアミルアルコール(ppm)	119	156	92	114	18	103	121	92	104	9
カブロン酸エチル(ppm)	1.4	6.0	0.4	0.9	1.3	2.5	6.3	0.7	2.3	1.7
りん酸(mg/L)	273	414	177	262	60	250	381	173	241	54
クエン酸(mg/L)	82	119	40	81	18	71	95	48	75	13
ビルビン酸(mg/L)	82	317	0	64	71	60	169	0	60	54
リンゴ酸(mg/L)	234	359	106	223	65	232	589	91	212	112
コハク酸(mg/L)	369	519	224	367	80	319	411	185	332	64
乳酸(mg/L)	381	614	248	364	81	344	413	301	328	34
酢酸(mg/L)	34	106	0	18	31	20	94	0	15	21
	(n=34)					(n=17)				



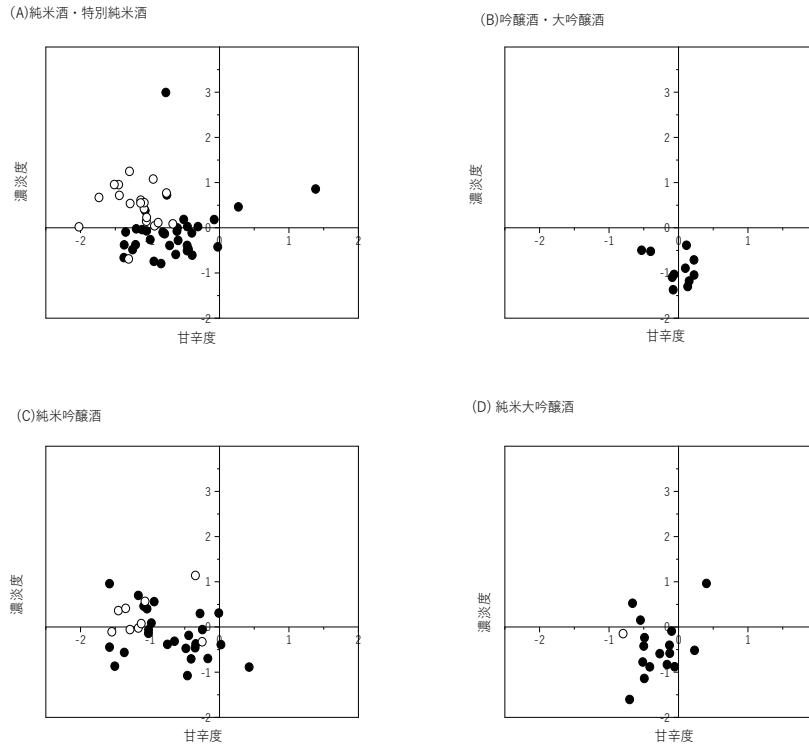


図1 甘辛度・濃淡度マップ (A)純米酒・特別純米酒、(B)吟醸酒・大吟醸酒、(C)純米吟醸酒、(D)純米大吟醸酒  
●:速醸系酒母および不明、○:生酏系酒母

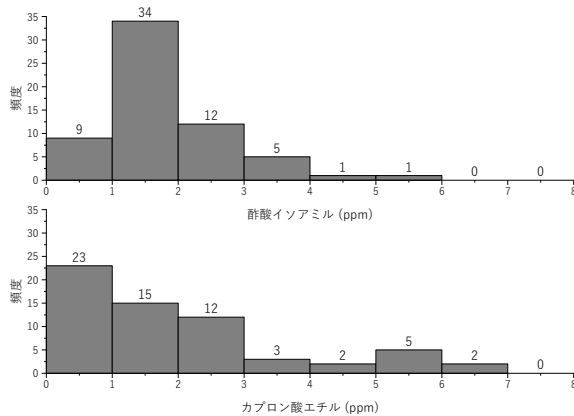


図2 吟醸酒・大吟醸酒・純米吟醸酒・純米大吟醸酒  
62本における吟醸香のヒストグラム  
(上段)酢酸イソアミル、(下段)カブロン酸エチル

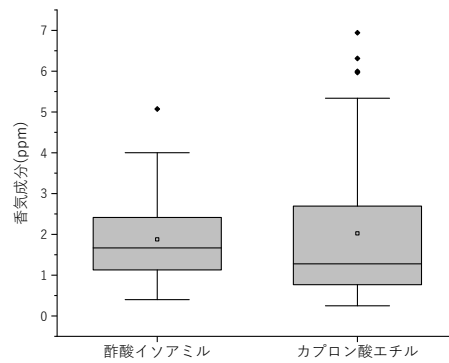


図3 酢酸イソアミル・カブロン酸エチルの  
ボックスチャートによる比較

### 3.2 香気成分分析

ヘッドスペースGCMSで測定した香気成分について、測定項目の平均値、最大値、最小値、中央値、標準偏差を表1にまとめた。また、県内の吟醸酒、大吟醸酒、純米吟醸酒および純米大吟醸酒62本を対象に酢酸イソアミル、カブロン酸エチルのヒストグラムを図2に、ボックスチャートを図3に示した。62本の最大値は、酢酸イソアミルが純米大吟醸酒の5.1 ppm、カブロン酸エチルが大吟醸酒の6.9 ppmだった。平均値は、酢酸イソアミルが1.9 ppm、カプロ

ン酸エチルが2.0 ppmだった。酢酸イソアミルが5 ppm以上含まれる県内吟醸酒は1本、カブロン酸エチルが5 ppm以上含まれている吟醸酒が7本であった。カブロン酸エチル5 ppm以上含まれていた7本には、すべてきょうかい1801号酵母が全量もしくは一部使用されていた。

大吟醸酒・純米大吟醸酒においては、カブロン酸エチルの方が酢酸イソアミルよりも高く、カブロン酸エチル高生産酵母を用いて醸造をしている醸造所が多いことが考えられた。一方吟醸酒、純米吟醸酒では、酢酸イソアミルの方が高く、使い分けをしていると示唆された。

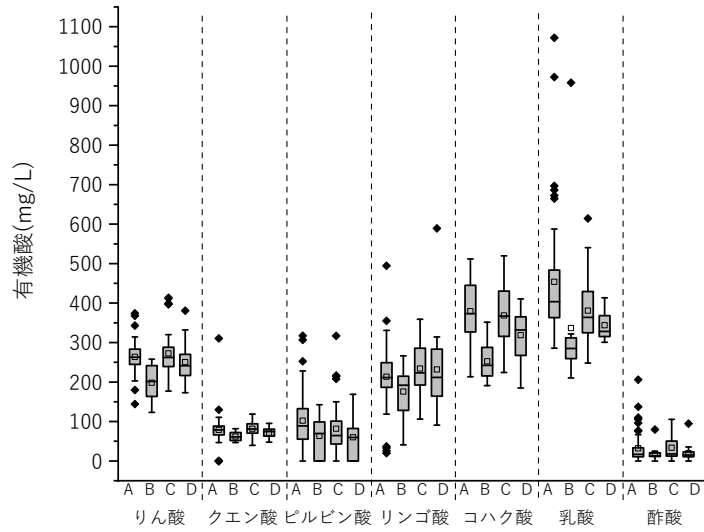


図4 有機酸成分(特定名称酒別)のボックスチャートによる比較  
 A:純米酒、B:吟醸酒・大吟醸酒、C:純米吟醸酒、D:純米大吟醸酒

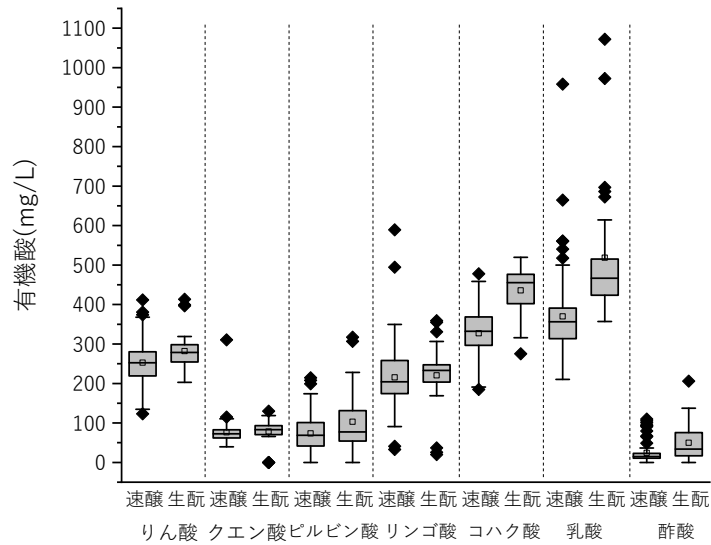


図5 速醸系酒母と生酏系酒母の有機酸成分比較

### 3.3 有機酸成分分析

液体クロマトグラフで測定した有機酸成分について、測定項目の平均値、最大値、最小値、中央値、標準偏差を表1にまとめた。また、図4に県内清酒115本についてカテゴリーごとに各有機酸成分のボックスチャートを示した。味にうま味を与えるコハク酸が最も高い清酒は、山廃酒母で仕込まれた純米吟醸酒で519 mg/Lであった。また今回データには示していないが、コハク酸と酸度の相関係数が

0.83と正の相関が認められた。これは、三枝らが東京都産清酒を分析した際の結果<sup>5)</sup>と一致していた。

次に、図5に酒母の製法の違いによる有機酸成分の比較をボックスチャートにまとめた。速醸系酒母と生酏系酒母の間で、特にリン酸、コハク酸、乳酸、酢酸は平均値に有意な差があった。コハク酸の生酏系酒母での平均値は436 mg/L、速醸系酒母の平均値は327 mg/Lだった。コハク酸は清酒に押し味を与えるうま味成分であり、生酏系酒母の清酒においてうま味に影響を与えていることが示唆された。

## 4 まとめ

令和元年酒造年度の「近江の地酒」について成分分析を実施したところ、甘辛度・濃淡度の結果から純米酒・吟醸酒が「濃醇・辛口」傾向であることがわかった。香氣成分は、吟醸酒、大吟醸酒、純米吟醸酒、純米大吟醸酒で平均すると、酢酸イソアミルもカプロン酸エチルも2 ppm前後であり、全体的には高くないことがうかがえた。有機酸成分は、コハク酸と酸度に正の相関が認められた。

滋賀県では幅広く特定名称酒を一度に分析したことはこれまでなかった。今回得られた数値について、今後の製品開発に有益なデータを得ることができたと考えている。今後も引き続き酒質分析を実施し、県産酒の酒質向上に向け検討を続ける。

今回の酒質分析にあたり、協力いただきました滋賀県酒造組合と県内清酒醸造所に感謝いたします。

## 参考文献等

1. 国税庁, 国税庁統計年報「3. 間接税 酒税」, (2020)
2. 国税庁, 国税庁所定分析法第5回改訂, (2007)
3. 佐藤信, 川島宏, 丸山良光, 清酒の味覚に関する研究(第3報)甘辛と濃さに関する重回帰式, 日本醸造学会誌, 69, 11, 774~777, (1974)
4. 国税庁, 全国市販酒調査結果 令和元年度調査分, (2021)
5. 三枝静江, 宮森清勝, 三枝弘育, 伊東耕子, 細井知弘, 平成20~22酒造年度東京都産清酒の呈味に関する特徴解析, 東京都農林総合研究センター研究報告, 8, 35-48, (2013)

# 信楽焼坪庭製品の市場開拓に向けた開発研究(第3報)

高畑宏亮\*  
TAKAHATA Hiroaki\*

中島孝\*  
NAKAJIMA Takashi\*

野上雅彦\*  
NOGAMI Masahiko\*

西尾俊哉\*  
NISHIO Toshiya\*

宮本ルリ子\*\*  
MIYAMOTO Ruriko\*\*

津守愛香\*\*  
TSUMORI Aiko\*\*

**要旨** 近年、和風文化に対する関心が高まっている中、冷却効果もある坪庭作りに対する需要が期待されている。そこで産地の大物屋外用陶器と試験場の開発技術である多孔質や透光性陶器等の製造技術を生かし、市場開拓に向けた坪庭製品として、昨年度に引き続き、追加改良や付加機能を合わせて検討し、合計7種類を開発提案した。

## 1 はじめに

近年は国際的に日本庭園や盆栽などの和風文化に対する関心が高まっており、特に都市部における冷却効果がある坪庭作りに対する需要が期待されている。

そこで本研究は、産地の屋外用大物陶器と試験場で開発した特許技術である多孔質や透光性陶器等の素材や製造技術を生かし、市場開拓に向けた和モダンな坪庭製品として、多孔質素材による壁面や床面冷却装置、坪庭の装飾用製品を開発し、平成30年度から3年計画として実施している。昨年度に引き続き、デザインや製造方法に合わせて、表面加飾の追加改良や付加機能を検討し、開発提案した。

## 2 枯山水タイル・飛び石 & 苔風タイル

枯山水の庭園で用いられる水紋をモチーフとし、昨年度は白砂の風合いの表現に、粒状に縮れる釉薬を施した装飾タイルを製作した。今回は、光を通す飛び石タイルと緑釉により加飾した苔風タイルを追加した。同様にタイルの保水性と散水の蒸発効果により、長時間周辺温度を下げる事ができる。



図1 枯山水タイル(飛び石 & 苔風タイル)

晴天のもと、試作タイルとコンクリートに散水し、経過時間による温度変化を赤外線温度分布測定装置(日本アビオニクスInfReC R500Pro)により、観察したところ、散水後3.5時間後にはコンクリートは散布前の温度に戻るのに対して、多孔質タイルは6時間以上経過しても温度が低下したままだった。

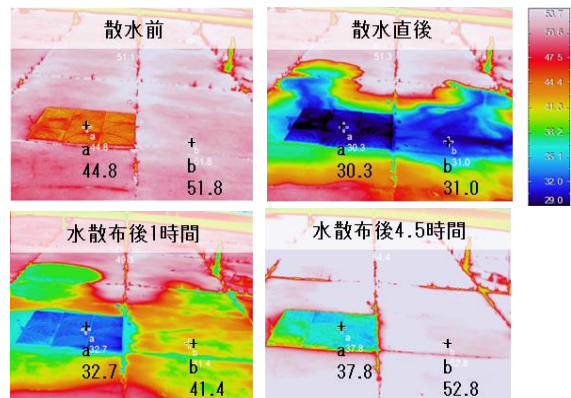
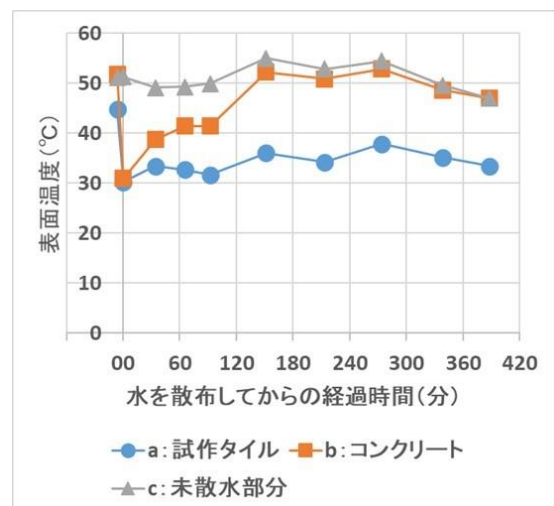


図2 枯山水タイルの冷却効果  
(サーモグラフ: 2020年8月、試験場屋上)

表1 表面温度の時間変化



### 3 冷却効果のある フェンスポット・スクエアポット

冷却効果のある坪庭用資材の一つとして多孔質な化粧土を使用したフェンスポットとスクエアポットを試作した。ポットへの散水時に水分を吸水し、徐々に気化することにより、周囲を冷却する。ポットを組み合わせることにより、パーテーションとしても使用できる。



図3 フェンスポット



図4 スクエアポット

### 4 システム睡蓮鉢・流水アダプター

昨年度、試作した睡蓮鉢ビオトープは、小さな自然を楽しむことができる癒しのアイテムとして、様々なサイズ・高さの角鉢を重ねて組み合わせることにより、立体的で統一感のあるデザインのビオトープが簡単に構築できる。



図5 睡蓮鉢

今回は、新たに開発した流水アダプターをセットすることにより、小さな滝のような水の流れと落水音を生み出すことができた。



図6 睡蓮鉢流水アダプター

### 5 窯業系廃棄物による陶製エコブロック

陶器の製造工程で発生する洗浄排水汚泥や陶土混合くずを利用し、発色に多少のばらつきはあるものの、陶器の特徴を活かした屋外で使う「園芸土木資材」として、ピンコロブロックと車止めブロックの2種類を提案した。



図7 ピンコロブロック



図8 車止めブロック

## 6 信楽透器の触れる 立体地図・光る立体地図

立体地図は、視覚障がい者が触ってわかるだけでなく、  
晴眼者にも街並みや地形への理解を深めてもらえる。素  
地、形状、感触の異なる要素を利用して、信楽透器の立  
体地図を作製した。ユニバーサルな視点による立体地図  
である。

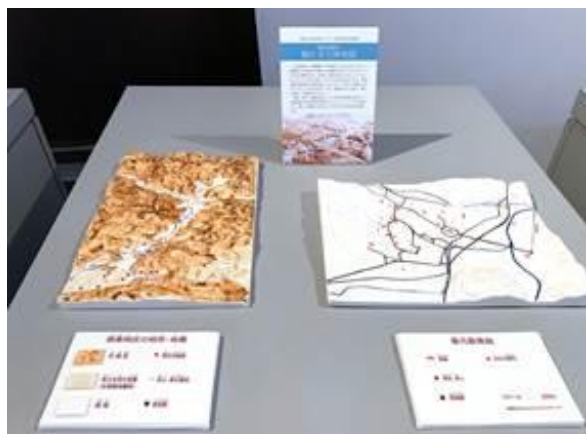


図9 触れる立体地図

## 7 試験場展

下記の内容により試作展を開催した。

会期: 令和2年10月3日(土)～11月8日(日)

会場: 滋賀県立陶芸の森 信楽産業展示館

アドバイザー: 元京都女子大学教授 出井豊二氏



図10 試験場展の会場の様子

## 8 まとめ

今年度は、冷却性能評価試験や屋内外での耐候性試  
験を行った。また今回は多孔質素地を使い壁面・床面冷  
却装置、装飾製品として5種類、透光性素地を使った製品  
として1種類、窯業系廃棄物を利用した装飾製品を1種  
類、合計7種類を開発提案した。

今後、業界へ技術移転を行い、商社等との連携による  
市場ニーズを踏まえたマーケットインのアプローチに努め  
商品化を図る。

## 参考文献等

1. 滋賀県、特許4976010 多孔表面陶磁器
2. 滋賀県、特許5352035 透光性陶磁器用練り土及び透光性陶磁器
3. 高畑ら、滋賀県工業技術総合センター業務報告 第34号、107-108(2019)。

# コンピュータショナルデザインを活用した陶製品開発(第1報)

野上 雅彦\*  
NOGAMI Masahiko\*

**要旨** コンピュータショナルデザインを活用した陶製品の新たな設計技術のシーズを確立し、陶器産地における新製品開発への応用を促進する。今年度は、照明器具や新感覚仏像のデザインケーススタディに取り組んだ。

## 1 はじめに

信楽陶器産地は陶磁器製品の低価格化や、プラスチック製品への置き換えなどにより生産額が低迷するが、従来にはない新製品(浴槽、手洗い鉢、照明器具等)を開発し、新市場の創出に積極的に取り組んでいる。しかし、小規模事業者が多くを占める産地のため、新製品開発・新市場開拓に向けた体制が脆弱である。

一方、3D CADや3Dプリンタなどデジタルものづくり技術の進歩は著しく、これらを活用することにより商品開発を効率化・迅速化するだけでなく、これまでにはない新しい形状の設計や製造が可能になっている。本研究では、新しいデジタルものづくり技術を活用し、信楽陶器製品の開発・新市場開拓への応用を図る。

## 2 取組内容

「ジュネレーティブデザイン」や「トポロジー最適化」などのコンピュータショナルデザインを活用した新たな設計技術のシーズを確立し、陶器産地における新製品開発への応用を促進する。また、従来技術(型による成形)で製造可能な形状だけでなく、3Dセラミックス直接造形技術への応用も図る。

具体的な取組内容は以下のとおりである。

1. コンピュータショナルデザインの設計技術シーズの確立  
ライノセラス(3D CAD)+グラスホッパー(ビジュアル・スクリプティング・プラグイン)によるパラメトリックなデザイン
2. 新しい設計技術を活用した製品開発への応用  
インテリア・エクステリア商品の設計と試作

本年度は、1の設計技術シーズの確立に取り組み、コンピュータショナルデザインのケーススタディを実施した。

## 3 コンピュータショナルデザインのケーススタディ

### 3.1 幾何学的なデザインの照明器具

照明デザイナーである落合勉氏と窯業技術試験場が共同開発し、2016年に発表した照明器具(図1)をモデル

に、コンピュータショナルデザインで3DCADデータによるデザインの再現と、新しいバリエーションの展開を行った。

グラスホッパーにより再現した照明器具のモデルデータを図2に示すとともに、この照明器具のグラスホッパースクリプトの全体図を図3に示す。照明器具は上中下の3つの断面で構成し、3つの断面をロフトにより接続して外形を作成している。3つの断面は、それぞれの円の中心座標のX,Y,Z、半径R、回転角度Rotateの5つの入力をもつ。また、照明器具全体への入力パラメータとして、ストライプの数Division(上部)とDivison2(下部)、ストライプの凸凹の深さRough、ロフトの接続タイプTypeの4つの入力を設定している。断面円にストライプ状の凸凹を生成するスクリプトは、クラスターとしコンポーネント化している(図4)。



図1 落合勉デザインの照明器具

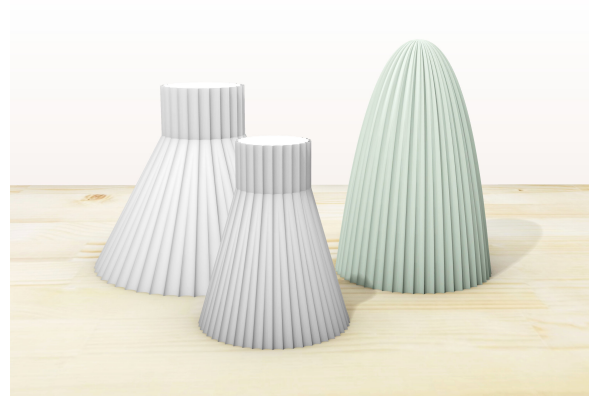


図2 グラスホッパーで作成したモデルデータ

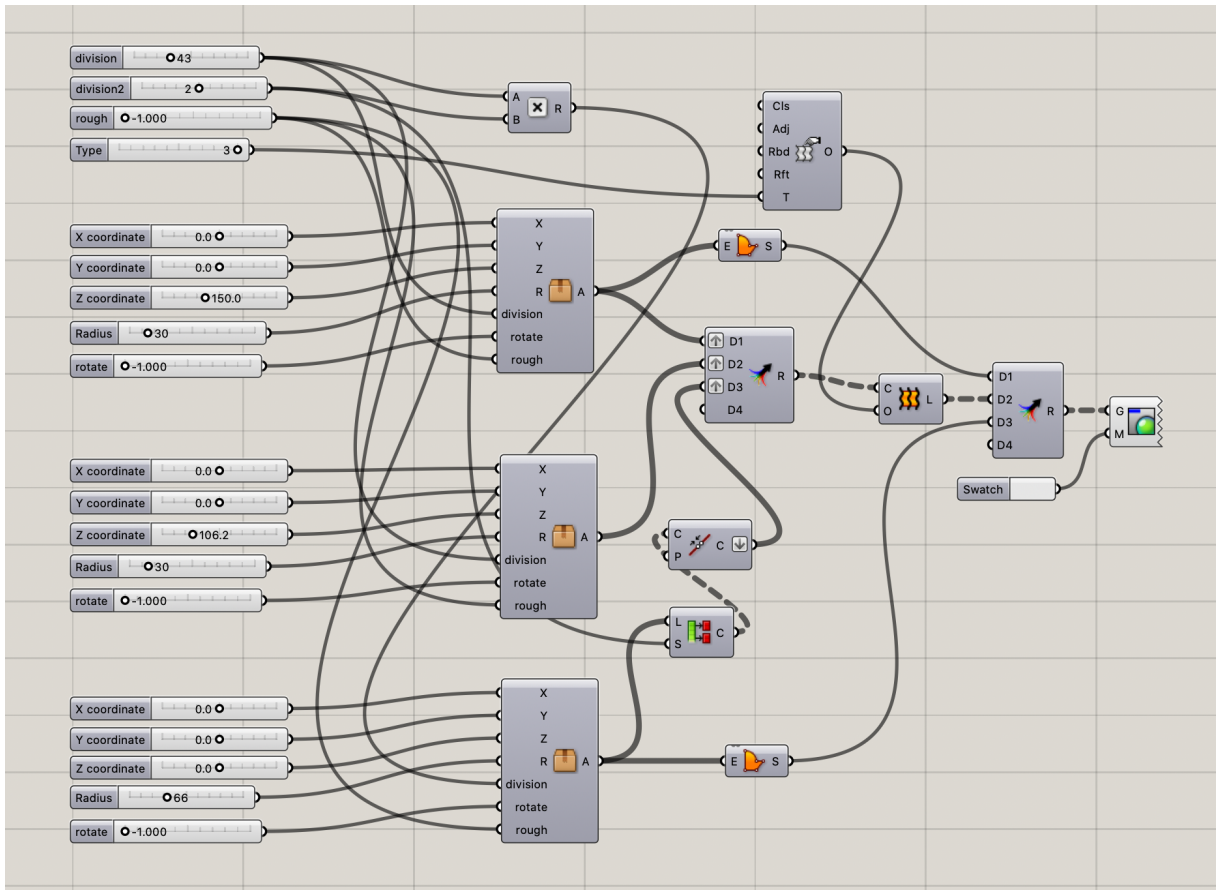


図3 照明器具のグラスホッパースクリプトの全体図

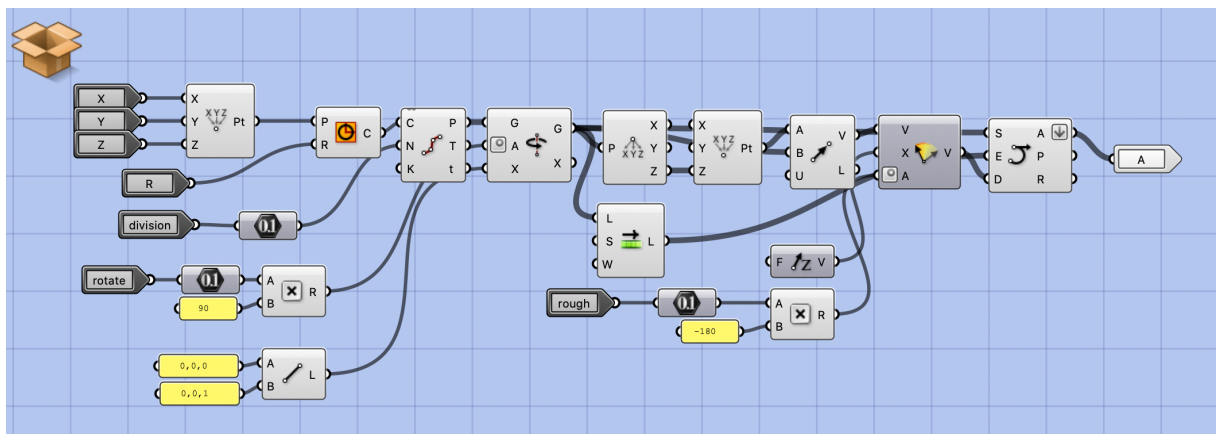


図4 断面円にストライプ状の凸凹を生成するクラスターの内容

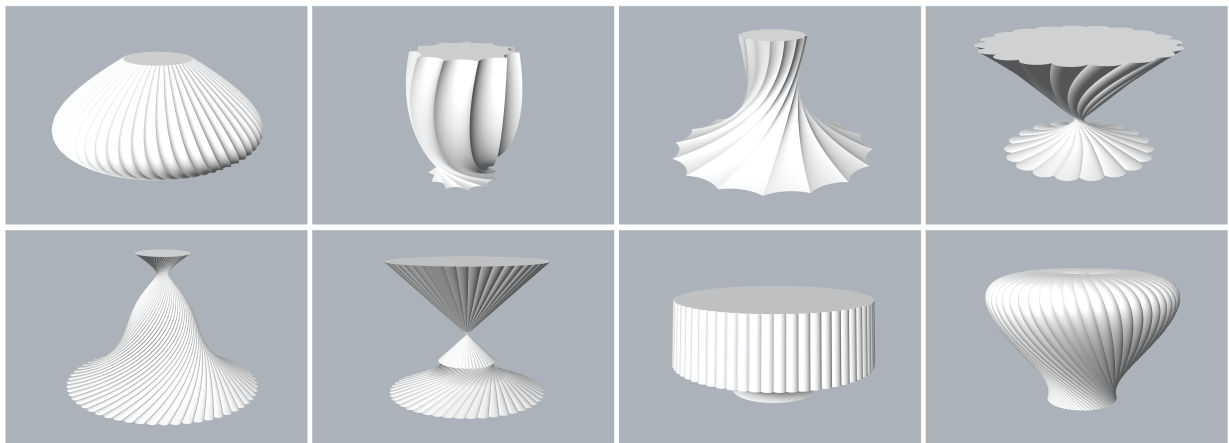


図5 ランダムなパラメーターの入力で自動生成させた照明の形状例



また、このスクリプトにランダムな値を入力するスクリプトを作成し、自動的にモデルを生成させた形状の例を図5に示す。

### 3.2 雲形の照明器具

工業技術総合センターが事務局を務めている研究交流会「デザインフォーラムSHIGA」において、平成22年度に「信楽透器」照明器具の試作に取り組み、雲形の照明器具の試作を行った(図6)。



図6 雲形の照明器具

この照明器具は、風船を組み合わせた周りに、陶土を染み込ませた不織布を貼り付けて成形している。今回、この雲形照明器具をコンピューテーショナルデザインによりリメイクした結果を図7に示す。

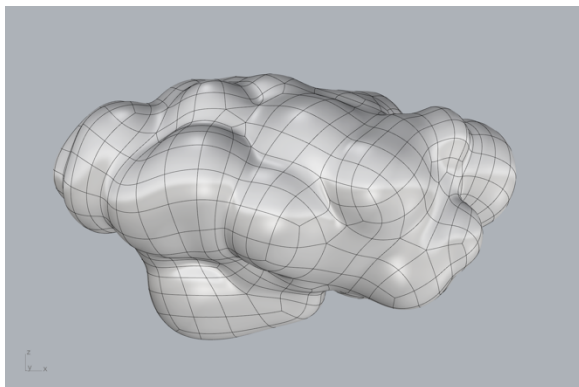


図7 リメイクした雲形照明

スクリプトのアルゴリズムを以下に示す。また、カッコ内にグラスホッパーのコンポーネント名を記載する。

1. 照明器具サイズのボックス内にランダムに点を生成する。(Populate3D)
2. ボックスに内接する長球に重なる点だけを残す。(Point In Brep)
3. 残った点を中心とするランダムなサイズの球を生成しマージする。(Sphere, Solid Union)
4. なめらかに四角ポリゴン化する。(Quad Remesh)

ランダム値を有効的に活用することにより、雲のように不規則な形状の再現をすることができた。

### 3.3 モダン仏壇用の新しい仏像の試作

滋賀県彦根市には仏壇の地場産地があるが、現代のライフスタイルにマッチする小型でモダンな新しい仏壇の製造販売に、「柒+(ナナプラス)」というグループが取り組んでいる。このナナプラスの商品開発やブランド構築を工業技術センターのデザイン部門として平成21年より継続的に支援し、令和2年には全国の8店舗において商品の取り扱いが始まるなど、軌道に乗り始めたところである。



図7 柒+(ナナプラス)の商品「ほとり」

今回、このナナプラスの商品にふさわしい仏像の試作開発に、コンピューテーショナルデザインにより取り組んだ。

仏像のデザイン例を図8に示す。木彫りの仏像を3Dスキャンしたものが中央の仏像である。この形状をベースに、等高線状に断面を積み重ねたり、仏像エリア内にランダムに棒を生成したりすることで、デザインのケーススタディを行った。グラスホッパーにはさらに多くの形状作成の機能があるので、商品化を目指しデザイン開発に継続して取り組む予定である。

## 4 まとめ

ライノセラスとグラスホッパーによるコンピューテーショナルデザインの設計技術シーズの確立に取り組んだ。グラスホッパーを活用することで、ライノセラスによりパラメトリックな設計が可能となるだけでなく、自動設計の機能を組み込むことも可能であることがわかった。来年度はグラスホッパーを活用した陶器の石膏型の作成を支援するツールの開発とともに、ペレット式3Dプリンターを活用した新製品の試作開発に取り組む予定である。



図8 新しい感覚の仏像のデザインケーススタディ

#### 参考

1. Rhinoceros + Grasshopper 建築デザイン実践ハンドブック 第3版、ノイズ アーキテクト編、株式会社彰国社(2019)
2. Grasshopper入門、中島淳雄、株式会社ラトルズ(2014)
3. Parametric Design with Grasshopper、石津優子・堀川淳一郎、株式会社ビー・エヌ・エヌ新社(2018)

# 生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたセラミックスの開発研究(第2報)

植西 寛\*  
UENISHI Hiroshi\*

**要旨** 安全性の高い無機原料である生物由来合成ハイドロキシアパタイトを陶磁器・セラミックス分野で活用すべく研究をおこなった結果、生物由来合成ハイドロキシアパタイトを主原料とした磁器質素地を開発した。本開発素地は光の透過率および白色度に優れた特性を有しており、本年度は市販の磁器質素地等との比較をおこなった。また、製品化に向けた試みとして、ろくろ等の可塑成形への対応や釉薬についての検討をおこなった。

## 1 はじめに

生物由来合成ハイドロキシアパタイトは、これまで産業廃棄物として処理されてきた鶏の卵殻由来の炭酸カルシウムを用いて合成される低結晶性ハイドロキシアパタイトである。人間の骨や歯の組成に近く、生体親和性の高い素材であり、医療・化成品・繊維・有毒物除去など健康で安全な生活に貢献できる原料として、様々な業界から注目を集めている<sup>1)</sup>。

前年度は生物由来合成ハイドロキシアパタイトを陶磁器・セラミックス分野において活用できる可能性を調査すべく研究をおこなった結果、リン酸三カルシウム含有率が50%を超える光の透過率および白色度に優れた素地を開発した。

本年度は光の透過率および白色度に関して、市販の磁器質素地等との比較をおこなった。また、ろくろ等の可塑成形への対応や、釉薬の検討のために素地の熱膨張率測定をおこなった。

## 2 実験方法

### 2.1 試験素地

透過率および白色度の評価には、既報<sup>2)</sup>における生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量が50、60、70 wt%の素地(以下、素地A、素地B、素地C)をΦ65 mmの金型を用いてプレス成形したものを用いた。市販の磁器質素地等には白磁土1(瀬戸)、ニューボン(瀬戸)、透光性磁器土(九谷)、磁器土(九谷)、S磁器土(九谷)、白磁土2、信楽透土(信楽)を用い、同様の方法により試験片を作成した。素地の一覧を表1に示す。

また、熱膨張率の測定も既報と同様に生物由来合成ハイドロキシアパタイト(0および30~70 wt%)、NZカオリン、福島長石、本山木節粘土の各原料をボールミルにより湿式粉碎混合し、乾燥後、解砕したものをΦ65 mmの金型を用いてプレス成形したものを用いた。

可塑成形性の評価には各素地粉末にベントナイト等を添加し、加水後、混練した坏土を用いた。

### 2.2 評価

透過率および白色度(WH)の評価はカラーアナライザーTC-1800(有限会社東京電飾)を用いて既報と同様の方法によりおこなった。素地の熱膨張率の測定はDIL402 Expedis select(ネッチ・ジャパン)によりおこなった。焼成後の素地の鉱物相は粉末X線回折装置Smart Lab SE(株式会社リガク)により同定した。これらの評価には1260℃および1280℃により酸化焼成した試験片を用いた。

また、可塑成形性は坏土の菊練りのしやすさ、こし、のび、滑り、ろくろ成形性の項目に関して官能評価をおこなった。

表1 開発素地と市販の磁器質素地等

A	アパタイト50%
B	アパタイト60%
C	アパタイト70%
1	白磁土1(瀬戸)
2	ニューボン(瀬戸)
3	透光性磁器土(九谷)
4	磁器土(九谷)
5	S磁器土(九谷)
6	白磁土2
7	信楽透土(信楽)

## 3 結果と考察

### 3.1 生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量と透過率および白色度の関係

図1に1260℃、1280℃の各焼成温度における素地A、素地B、素地Cと市販の磁器質素地等の透過率、図2に白色度の比較結果を示す。本研究における開発品は市販の磁器質素地等よりも、光の透過率、白色度がともに高い数値を示すことが分かった。市販の磁器質素地等にも本研究の開発素地と近い数値のものがあつたが、光の透過率、白色度の両方が優れたものはなかつた。

\* セラミック材料係

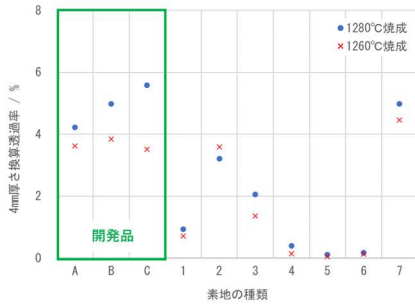


図1 開発素地と市販の磁器質素地等の透過率の比較

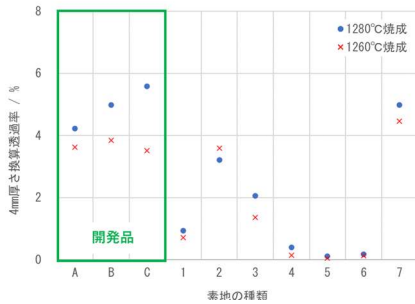


図2 開発素地と市販の磁器質素地等の白色度の比較

### 3.2 可塑成形に適した坏土の調整

素地Bの粉末に、ベントナイトと水を加えただけの坏土は粘り気が無く、可塑成形には不適な性状であった。加水量を増加してもこの傾向は変わらず、最終的に泥状となり、可塑成形に適した性状となることは無かった。これとは別に、鑄込み成形用の泥漿を乾燥粉碎した粉末に、ベントナイトを加えたものに加水分、混練した坏土は適度な粘り気や可塑性があり、ろくろ成形が可能であった(図3)。



図3 手ろくろ成形により作成した試験体

これらの坏土の成分的な違いは解膠剤の有無であり、この影響を確認するため、素地Bの粉末を用いて表2に示す3種類の坏土を作成し、坏土の官能評価をおこなった。

結果を表3に示す。なお、ベントナイトと解膠剤は外割りで添加している。

表2 調整した坏土

試験体番号	B1	B2	B3
素地B粉末	100	100	100
ベントナイト	3	3	1
解膠剤	0.0	2.0	2.0
水	55	50	50

表3 坏土の官能評価結果

官能評価結果	B1	B2	B3
土練り	×	○	△
こし	×	◎	○
のび	×	◎	○
滑り	×	○	○
ろくろ成形性	×	◎	○

坏土に可塑性を発現させるためにはベントナイトのような粘土成分だけではなく、解膠剤の添加が必要であることが確認できたが、可塑成形が可能となる理由は明らかにできなかった。

### 3.3 釉薬の検討

釉薬を検討するにあたり、その前段階として生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量と熱膨張率の関係を確認した。図4に1280°C焼成体、図5に1260°C焼成体の熱膨張測定結果と、50°C~750°Cにおける平均線膨張係数(×10<sup>-6</sup>/K)を示す。なお、生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量30 wt%の試験片を1280°C焼成したものは軟化が著しかったため、測定していない。

これらの結果より、生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量が増えるにつれ、熱膨張率が大きくなることが確認できた。既報において、生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量が増えるにつれて、焼成体中のリン酸三カルシウム(β-TCP)の割合が増えることが確認されている。リン酸三カルシウム(β-TCP)の熱膨張率が約15×10<sup>-6</sup>/Kであるため、素地の熱膨張率が大きくなったものと考えられる。

素地Bのような生物由来合成ハイドロキシアパタイトを多量に含む素地は一般的な磁器系素地用の釉薬を用いると

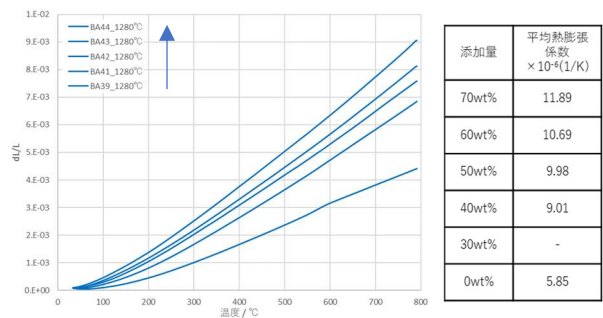


図4 生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量と熱膨張率の関係(焼成温度:1280°C)

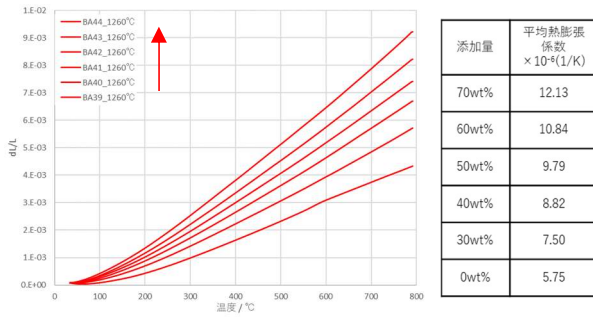


図5 生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量と熱膨張率の関係(焼成温度:1260°C)

熱膨張率の差による割れ等の欠陥を引き起こす可能性が高いため、釉薬については施釉方法も含めて、さらなる検討が必要であり、次年度の課題としたい。

#### 4 まとめ

生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いた素地は光の透過率、白色度の両方に優れた特性を有しており、市販の磁器質素地等と比較しても同等かそれ以上であることが確認できた。

ろくろ成形をはじめとする可塑成形にも対応できる坯土を開発したことにより、製品開発における自由度が向上した(図6)。

また、生物由来合成ハイドロキシアパタイトの添加量と熱膨張率の関係を明らかにしたことにより、適切な釉薬の検討が必要であることが確認できた。



図6 各種成形方法による試作品(焼成温度:1280°C)

#### 参考

1. 株式会社バイオアパタイトHP、<https://bioapatite.jp/>
2. 植西寛、生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたセラミックスの開発研究、滋賀県工業技術総合センター業務報告、34:p109-p111 (2019)

# 窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発（第2報）

神屋 道也\*  
KAMIYA Michinari\*

植西 寛\*  
UENISHI Hiroshi\*

坂山 邦彦\*  
SAKAYAMA Kunihiko\*

西尾 俊哉\*\*  
NISHIO Toshiya\*\*

中島 孝\*\*  
NAKAJIMA Takashi\*\*

**要旨** 本研究は県内の窯業関連企業において生じる廃棄物を陶磁器の原料として活用し、園芸土木資材を開発することを目的とする。今年度は釉薬製造時の汚泥（釉薬汚泥）と砥石原料製造時の汚泥（砥石汚泥）を使用した素地を調査し、曲げ強度、吸水率を測定した。また、釉薬汚泥のみ、砥石汚泥のみ、釉薬汚泥および砥石汚泥の両方を使用した素地について、軟化変形試験を行った。釉薬汚泥のみと釉薬汚泥と砥石汚泥を使用した素地は軟化変形量が大きい。そのため、製品化する際は中空でない土留ブロックなど軟化変形の影響が小さな製品に使用する予定である

## 1 はじめに

本研究は県内において発生する窯業系廃棄物を陶磁器原料として利用することにより窯業系廃棄物の処分量を削減し、窯業系廃棄物の特徴を生かした陶磁器材料を開発することを目的とする。開発した材料は廃棄物の利用に抵抗の少なく、食器などと比べて多量の廃棄物を利用可能である園芸土木資材に活用する。

昨年度は県内企業の廃棄物の発生状況や成分の変動などを調査した。釉薬製造時に機器の洗浄廃水から発生する汚泥（釉薬汚泥）と砥石原料の分級時に発生する製品化できない粒子径の砥粒（砥石汚泥）を陶磁器素地の原料として利用することを決めた。釉薬汚泥は釉薬製造業社1社あたり年間3t~12t程度、砥石汚泥は年間190t程度発生する。砥石汚泥の成分分析値および粒子径分布を表1および図1に示す。

表1. 砥石汚泥の成分分析値

成分	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	その他	強熱減量
分析値(wt%)	84.9	9.4	1.4	1.6	2.8

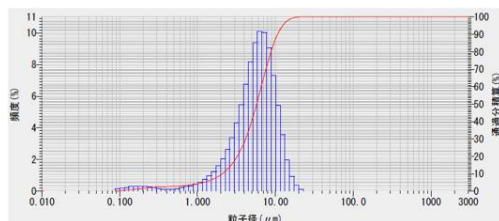


図1. 砥石汚泥の粒子径分布

\* セラミック材料係

\*\* 陶磁器デザイン係

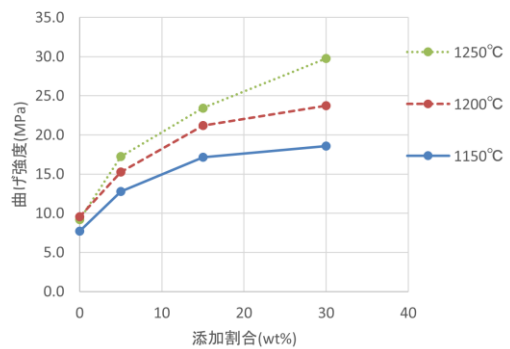
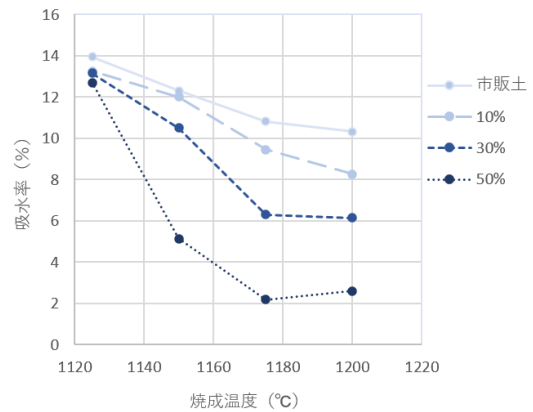


図3. 砥石汚泥添加割合と曲げ強度の関係

予備試験として市販土(大物用陶土)に釉薬汚泥や砥石汚泥を添加し、曲げ強度や吸水率、全収縮率などの物性に与える影響を調査した。その結果、釉薬汚泥を市販土に添加すると吸水率が低下し(図2)、砥石汚泥を市販土に添加すると曲げ強度が向上することが確認できた(図3)。

これらの結果をふまえて、今年度は低吸水率かつ高強度な素地の開発を目的として、釉薬汚泥と砥石汚泥の両方を使用した素地の調査を検討した。また陶磁器素地の

用途を検討する際に必要な性質である焼成時の軟化変形の測定を行った。

## 2 実験方法

### 2.1 試料作製方法および物性試験

釉薬汚泥および砥石汚泥を使用した素地の開発を目指し、市販土(大物用陶土)100%、市販土50% 釉薬汚泥50%、市販土35% 釉薬汚泥50% 砥石汚泥15%、市販土20% 釉薬汚泥50% 砥石汚泥30%の4種類の素地を調合し、金型プレスにより成形した。1100、1150、1200、1250℃の4つの温度において酸化焼成を行い、これらの吸水率測定および3点曲げ強度測定を行った。

### 2.2 軟化変形試験

素地は水分率21%となるように調合し、含水状態で25 g量り取り金型プレス成形により、100×5×15 mmに成形した。その試料をスパン60mmになるように設置したL字型の支柱に乗せ焼成した。焼成は1100、1150、1200、1250℃の4つの温度において行った。

## 3 結果と考察

### 3.1 曲げ強度試験結果

釉薬汚泥と砥石汚泥の両方を使用した素地の曲げ強度試験の結果を図4に示す。比較のために昨年度予備試験を行った砥石汚泥のデータを加えている。釉薬汚泥と砥石汚泥を合わせて添加した試料1150℃程度で曲げ強度が最大となり、1150℃以上の焼成温度が高い領域で曲げ強度の低下が確認された。曲げ強度低下の原因は素地の発泡である(図6)。曲げ強度が最大となる1150℃においては、市販素地の曲げ強度は約8MPa、釉薬汚泥50%、砥石汚泥30%の試料の曲げ強度は約32MPaであり、市販素地と比較して曲げ強度が4倍程度高いことが確認できた。

### 3.2 吸水率試験結果

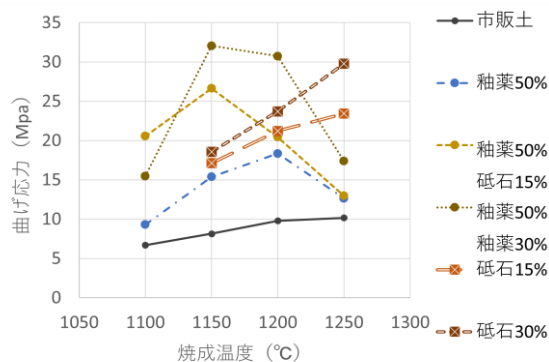


図4. 曲げ強度測定結果

吸水率の測定結果を図5に示す。釉薬汚泥と砥石汚泥の両方を加えた場合も釉薬汚泥のみを加えた場合についても、1200℃以下では市販土と比較すると吸水率が低下している。焼成温度が高い範囲において吸水率が焼成温度とともに上昇している。こちらも曲げ強度の低下と同様に素地の発泡が原因である。

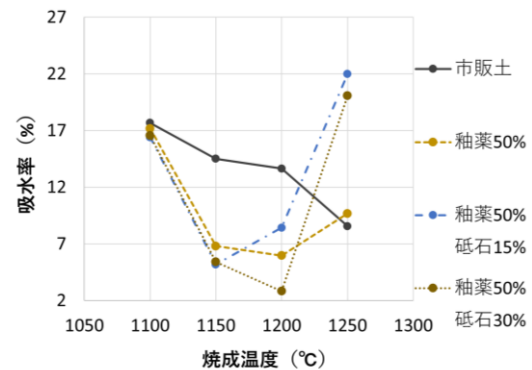


図5. 吸水率測定結果

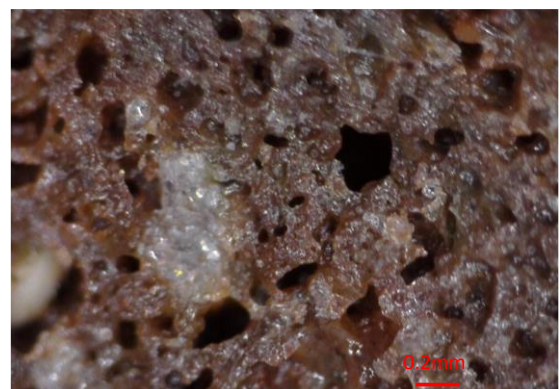


図6. 発泡した素地断面の顕微鏡画像  
(市販土20% 釉薬汚泥50% 砥石汚泥30% 焼成温度1250℃)

### 3.3 軟化変形試験結果

市販土に釉薬汚泥を添加した場合の軟化変形試験結果を図7に示す。釉薬汚泥を30%、50%添加した試料については1150℃程度からわずかに変形が見られ、1200℃以上では大きな変形が見られた。

市販土に砥石汚泥を配合した場合の軟化変形試験結果を図8に示す。今回測定した焼成温度範囲では砥石汚泥を配合した試料に変形は見られなかった。

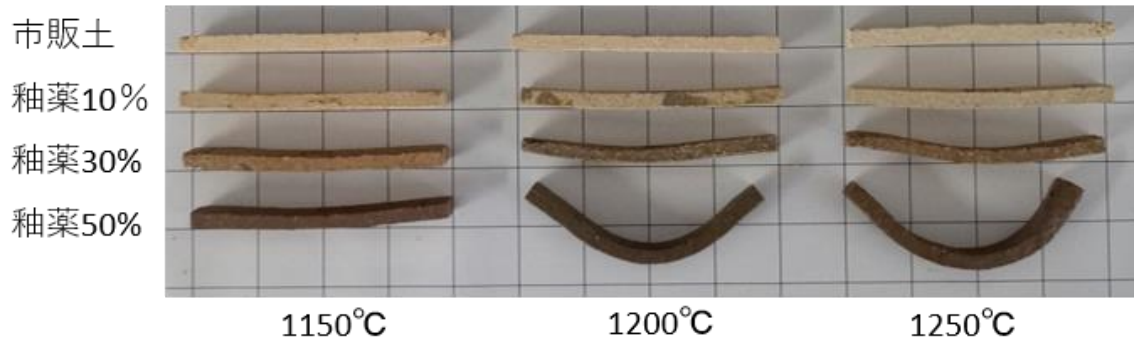


図7. 市販土に釉薬汚泥を添加した素地の軟化変形

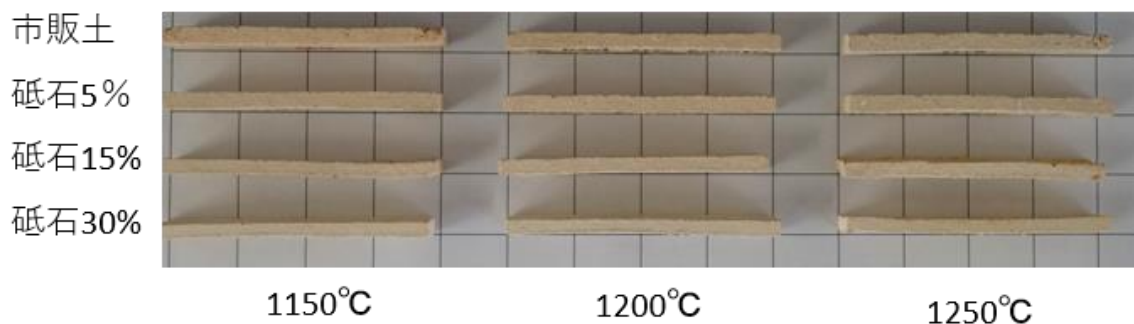


図8. 市販土に砥石汚泥を添加した素地の軟化変形

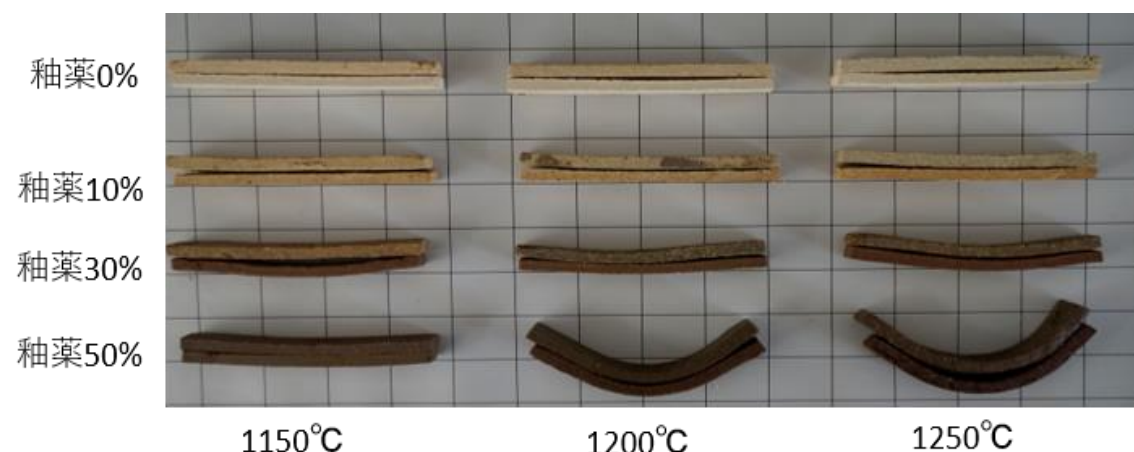


図9. 市販土に釉薬汚泥のみを配合した試料(上)と釉薬汚泥および砥石汚泥を配合した試料(下)の軟化変形比較

市販土に釉薬汚泥のみを配合した試料と釉薬汚泥と砥石汚泥の両方を配合した試料の比較を図9に示す。砥石汚泥を配合していない試料と砥石汚泥を30%添加した試料のうち釉薬汚泥の配合割合が等しい試料が上下1組になるように並べている。組になっている試料の軟化変形量に違いはみられず、砥石汚泥の有無は軟化変形量に影響がないことが確認できた。

#### 4 まとめ

釉薬汚泥と砥石汚泥を使用した素地を調査し、曲げ強度および吸水率を測定した。市販土20%釉薬汚泥50%砥石汚泥30%と調査した素地を1150°C焼成した試料が曲げ強度約32MPa、吸水率約5%と高強度かつ低吸水性な素地となった。ただし、1200°C以上において焼成により発泡による曲げ強度の低下や吸水

率の増加が確認された。

軟化変形試験に関しては、釉薬汚泥のみを添加した試料は1150°Cと比較的低い焼成温度から変形が認められたため、植木鉢や中空のブロックなどの自重による焼成時の変形が起きやすい製品には適さず、中身の詰まったブロックやレンガなどに適する。一方で砥石汚泥のみを添加した試料では1250°Cまで変形が見られず、市販土(大物用陶土)と同様の製品に利用できる。釉薬汚泥と砥石汚泥の両方を添加した素地は釉薬汚泥のみを添加した場合と同程度の変形が認められたため、同様にブロックやレンガなどの製品が適している。

以上の事をふまえ市販土に釉薬汚泥および釉薬汚泥と砥石汚泥を配合した素地はブロックやレンガ等に、市販土に砥石汚泥のみを添加した素地は植木鉢や中空のブロックなどの製品に応用する予定である。